

AREA DE PREDICCION

**SERVICIO DE TECNICAS DE ANALISIS Y
PREDICCION****EDICION****10-Abril-1994****NOTA TECNICA Nº 16****REVISION****-0-****ESTUDIO DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE
MESOESCALA DEL 8-9 DE OCTUBRE DE 1992**

**Francisco Martín León
Lucía de Esteban Jódar
Mercedes Canalejo Mendaza**

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
Subdirección General de Predicción y Vigilancia**

INDICE GENERAL

0.- INTRODUCCIÓN.

1.- ESTUDIO METEOROLÓGICO DE LA SITUACIÓN.

1.1.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 00z.	1.1
1.2.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 00 Z Y 12 Z DEL DIA 8/OCT/92.	1.3
1.3.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 12z.	1.5
1.4.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 12z DEL DIA 8/OCT/92 Y 00z DEL DIA 9/OCT/92.	1.7
1.5.- SITUACIÓN DEL 9 DE OCTUBRE A LAS 00z	1.9
1.6.- EVOLUCIÓN DESDE LAS 00z A LAS 09z DEL DIA 9 de OCTUBRE.	1.11
1.7 ANALISIS DE LOS DATOS DE SONDEOS DE LA ZONA.	1.16
a) Análisis clásico.	1.16
b)Cortes verticales y comparación con los equivalentes obtenidos del LAM.	1.19
c)Aplicación del método de Bellamy.	1.23

2.- ESTUDIO A PARTIR DE LAS IMAGENES DE SATELITE.

2.1.- SISTEMA CONVECTIVO SCM1.	2.1
2.2.- SISTEMA CONVECTIVO SCM2.	2.3

3.- IMÁGENES RADAR.

3.1.- INTRODUCCIÓN.	3.1
3.1.1.- Objetivos y medios.	3.1
3.1.2.- Algunas consideraciones sobre las imágenes compuestas radar.	3.1
3.2.- PRIMERA PARTE: ANÁLISIS SUBJETIVO DE LA EVOLUCIÓN OBSERVADA.	3.2
3.2.1.- Consideraciones previas.	3.2
3.2.2.- Evolución observada mediante las imágenes de radar.	3.3
3.3.-SEGUNDA PARTE: ESTUDIO OBJETIVO DE LOS SCM,s.	3.9
3.4.- FUTURAS ACCIONES.	3.12
3.4.1.- Con respecto al estudio de los SCM.	3.12
3.4.2.- Con respecto a la Vigilancia Meteorológica.	3.12

A N E X O I

AI.1.- OBJETIVO.	3.13
AI.2.- ANÁLISIS DE LAS CAUSAS.	3.13
AI.2.1.- CAPPI compuesto.	3.13
AI.2.2.- Echotop compuesto.	3.14
AI.3.- DÓNDE SE PRODUCE EL "CORTE" OBSERVADO.	3.15

4.- ANALISIS DE LOS DATOS PROPORCIONADOS POR LA RED DE DETECCIÓN DE RAYOS.

4.1.- DESCRIPCION DE LA RED DE DETECCION DE RAYOS O DE DESCARGAS NUBE-TIERRA DEL INM.	4.1
---	-----

4.2.- ANALISIS DE LOS DATOS DE LA RED.	4.2
4.2.1.- Distribución espacial y temporal de las descargas.	4.6
4.2.2.- TRAYECTORIAS DE LOS CENTROS DE DESCARGAS:	
VECTOR DIPOLAR.	4.14
4.2.3.- Combinación con datos de satélite y radar.	4.17

5.- PRECIPITACION.

6.- FOCALIZACIÓN.

7.- CONCLUSIONES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

0.- INTRODUCCIÓN.

Durante los días 8 y 9 de Octubre de 1992 se desarrollaron dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM, desde ahora) que afectaron a distintas áreas del Mediterráneo español y francés: el SCM1 se formó frente a las costas del SE de Almería y el SCM2 lo hizo entre las costas valencianas y las de Ibiza.

Sus mayores efectos se dejaron sentir en la Islas Baleares, Comunidad de Valencia y en menor medida sobre Cataluña y Murcia. Afortunadamente gran parte de sus ciclos de vidas se desarrollaron sobre el mar, aunque se produjeron lluvias fuertes en algunas zonas de Ibiza y Formentera así como un tornado en el interior de Menorca, asociado a una de las células que formaban parte del SCM2, la cual tuvo un desplazamiento anómalo respecto al resto de la perturbación, que no será objeto de estudio.

El trabajo trata de analizar el ambiente sinóptico y mesoescalar de la formación y evolución de los dos SCM,s. destacando la importancia de la **convergencia del viento** en superficie, obtenidas, de forma objetiva, mediante la utilización de las nuevas herramientas operativas en el SAIDAS. Posteriormente se analizan los sondeos de la zona: su variación espacio-temporal, cortes verticales comparándolos con los equivalentes que suministran los modelos numéricos a la mismas horas y aplicación del método de Bellamy para la obtención de ciertos perfiles verticales de magnitudes derivadas del campo de viento.

Posteriormente se pasa a la caracterización de sus ciclos de vida mediante los sistemas de teledetección operativos en el INM (satélite, datos de la composición radar nacional y rayos). Se hace especial hincapié en el análisis y utilización subjetivo de dichos datos como elementos claves en la vigilancia atmosférica de este tipo de fenómenos.

En otro apartado se hace una breve descripción de las precipitaciones que se registraron en las diferentes regiones, tomando como base los estudios regionales realizados por los diferentes CPV,s/CMT,s afectados, que conforman la Nota Técnica Previmet-92 N° 8.

Se termina el trabajo con unas consideraciones sobre las posibles causas de la focalización, en la formación y evolución de los sistemas, y unas conclusiones finales.

NOTAS:

Todas las figuras van referenciadas y numeradas a los apartados donde se encuentran.

Durante este periodo existió problemas de eclipse con el satélite Meteosat durante la media noche por lo que no se disponen de imágenes en ciertos momentos, algunas de ellas a horas sinópticas.

INDICE

CAPÍTULO 1: ESTUDIO METEOROLÓGICO DE LA SITUACIÓN.

1.1.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 00z.	1.1
1.2.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 00 Z Y 12 Z DEL DIA 8/OCT/92.	1.3
1.3.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 12z.	1.5
1.4.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 12z DEL DIA 8/OCT/92 Y 00z DEL DIA 9/OCT/92.	1.8
1.5.- SITUACIÓN DEL 9 DE OCTUBRE A LAS 00z	1.11
1.6.- EVOLUCIÓN DESDE LAS 00z A LAS 09z DEL DIA 9 de OCTUBRE.	1.14
Podemos concluir	1.16
a) Fase Inicial.	1.16
b) Fase de desarrollo y madurez.	1.16
c) Fase de disipación.	1.16
1.7 ANALISIS DE LOS DATOS DE SONDEOS DE LA ZONA.	1.16
a) Análisis clásico.	1.16
Análisis de los datos de 00z del 8/Oct/92.	1.16
Análisis de los sondeos de 08/Oct/92 12z.	1.19
Datos de las 00z del día 9/Oct/92. Siete u ocho horas antes de la disipación del SCM2.	1.19
b) Cortes verticales y comparación con los equivalentes obtenidos del LAM.	1.20

Dos consideraciones importantes	1.21
Sondeos.	1.21
Modelos:LAM.	1.21
Cortes verticales de las 00z del día 8. Tres horas antes de la formación del los SCM,s.	1.23
Cortes de las 12 z del día 8. SCM,s en su fase de madurez. . .	1.23
Cortes de las 00 z del día 9. Comienza la fase de disipación en el SCM2.	1.23
c)Aplicación del método de Bellamy.	1.26
Datos de las 00z del día 8	1.27
Datos de las 12 z del día 8.	1.27
Datos de las 00z del día 9.	1.29
Resumen de los resultados obtenidos	1.30
Fase inicial.	1.30
Fase de desarrollo.	1.30
Fase de disipación.	1.30

1.- ESTUDIO METEOROLÓGICO DE LA SITUACIÓN.

1.1.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 00z.

El reanálisis de la situación, Fig 1.1, previa a la aparición de los fenómenos convectivos (03z aproximadamente) objeto de este estudio, nos muestra en 300 mb la presencia de una Baja centrada al NW de Lisboa, Fig 1.1.a, que afecta a la mitad occidental de la Península, rodeada al W por un máximo de viento de 80 KT del NW. Asociadas a ella, y de acuerdo con la imagen de WV de la 01:30z, Fig 1.1.e (primera imagen disponible debido al eclipse de otoño), se distinguen una vaguada sobre el Golfo de Cádiz y dos ondas secundarias en el norte de Africa. La más oriental, con un máximo de viento de 60 KT a la derecha, parece soportar la masa nubosa que afecta al área mediterránea y presenta una configuración que recuerda a la de "*oclusión-frente frío-frente cálido*" con forma de coma y una zona de giro anticiclónico. Esta perturbación es de tipo subtropical y fue captada por la Baja principal, hasta situarla en su borde oriental. Además la perturbación principal posee su propia banda baroclina, que orientada de norte a sur esta afectando a Andalucía oriental y Comunidad de Valencia.

Asociada a esta onda secundaria en altura. Fig 1.1.b, se observa en 500 mb **una vaguada térmica**. La Baja lleva asimismo asociado un núcleo frío de -22°C . El geopotencial en este nivel presenta la misma estructura que en 300 mb. Respecto a la humedad, la Península, en general, se encuentra bastante seca salvo la costa S de Levante y Baleares.

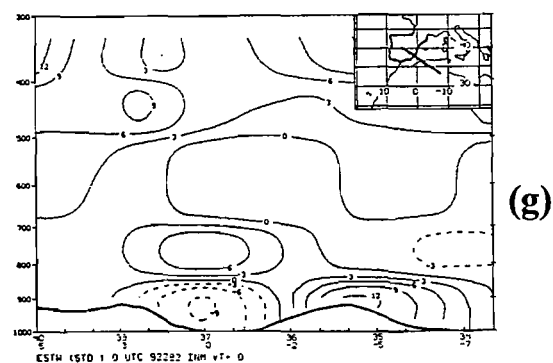
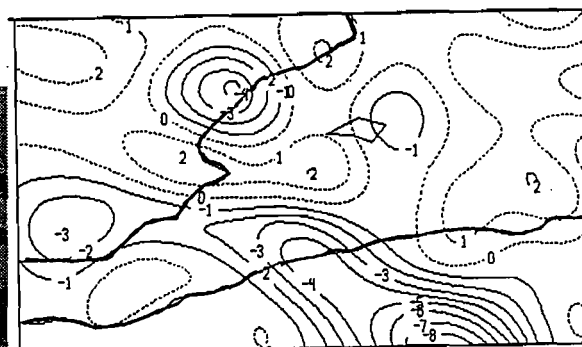
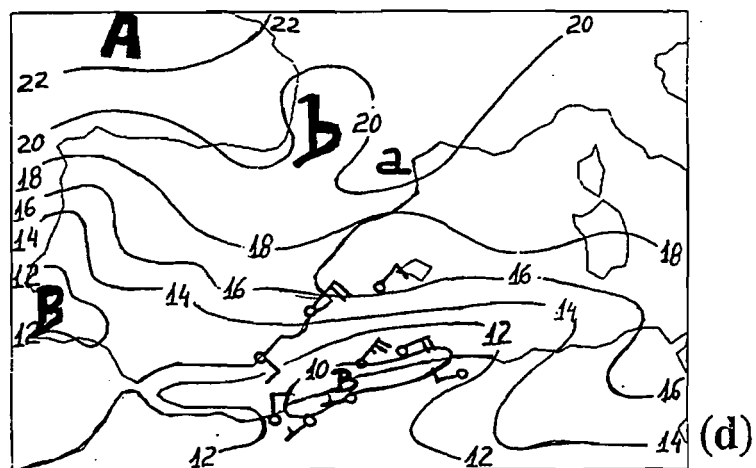
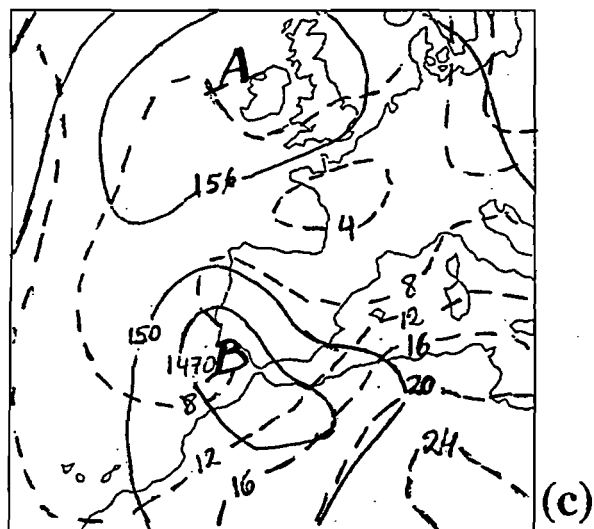
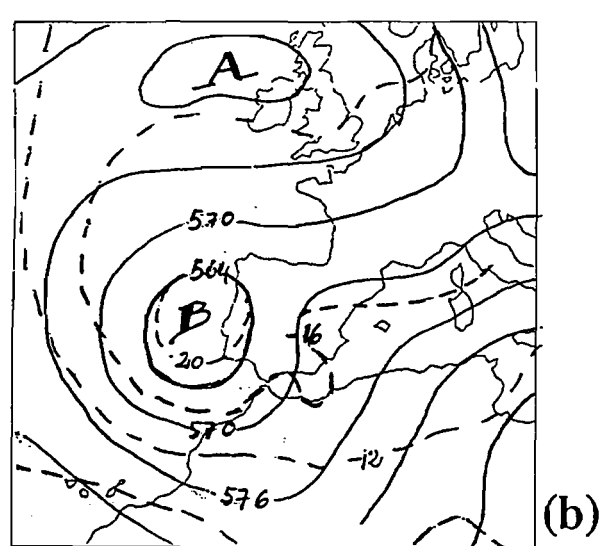
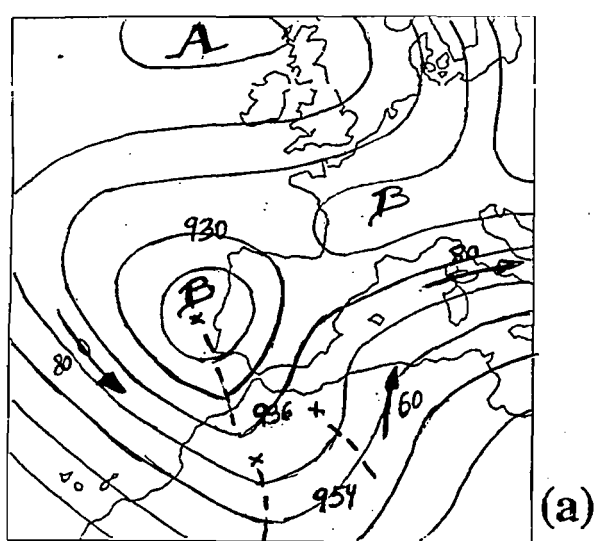
En 850 mb, Fig 1.1.c, destaca en la estructura térmica **la baroclinidad** presente en la zona del Mediterráneo próxima a la costa levantina. La advección cálida sobre el SE español es evidente en esta figura.

En superficie, se observa a las 00z un centro de bajas presiones (hasta 1010 mb), Fig 1.1.d situado en las proximidades de la costa del norte de Argelia. Existe una anomalía térmica positiva (temperaturas superiores a 20°C) que abarca toda la zona marítima comprendida entre la costa de Valencia, Alicante y Murcia, norte de Africa y sur de Baleares, coincidiendo con la misma zona de máximos de temperatura del punto de rocío (superiores a 16°C). Los vientos en la región de interés son de NE, con valores de hasta 20 KT en Alicante y 25 KT en la zona marítima de Alborán generando una zona de convergencia sobre la zona marítima al este del Mar de Alborán, tal como recoge el PAMIS de esa hora (Fig.1.1.f). Todos los PAMIS de convergencia presentados en este trabajo están obtenidos con datos de SYNOPS y de SHIPS, pero sin estaciones automáticas.

Otro mínimo de presión se sitúa al SW de la Península, asociado a la Depresión Aislada en Niveles Altos (a partir de aquí, DANA aunque gran parte de su ciclo de vida fue una Baja fría), mientras en Europa predominan las altas presiones.

Campos de diagnosis.

De los campos derivados examinados destacan **los valores débiles de $\text{div}Q$ en 500 mb** que indican un forzamiento sinóptico muy pequeño, sobre la zona posteriormente afectada por los fenómenos convectivos, contrastando con un forzamiento sinóptico positivo -aunque débil - en 700 mb y casi nulo en 850 mb. Por otro lado, **hay advección cálida (del orden de 2 ó**



(e)

Fig 1.1 Situación atmosférica del 8 de Octubre a la 00z: a) Z y Jet en 300 mb b) Z y T en 500 mb c) T-850 mb y Z-1000 mb d) Análisis de superficie e) Imagen WV de las 01:30z f) Convergencia en superficie (PAMIS) g) Corte de inestabilidad húmeda.

3 grados cada 12 horas) tanto en 850 mb como en 700 mb.

En cuanto a la estabilidad, Fig 1.1.g, se muestra un corte transversal de estabilidad húmeda donde se observa cómo en el área mediterránea hay inestabilidad convectiva en niveles bajos y, aunque hay una capa más estable entre 800 y 700 mb, la estabilidad es baja en toda la troposfera sobre la zona de interés. Sin embargo, el índice Total de Totales (TT) presenta, a esta hora, un valor inferior a 45 unidades en la zona donde se dispararon los sistemas convectivos. Por el contrario, presenta valores superiores a 45 sobre Portugal, Galicia y el Atlántico (concretamente un máximo $TT > 49$ al NW de Lisboa) y también sobre el N de Africa y el Mediterráneo al S de Baleares (concretamente $TT > 55$ en el interior de Argelia). Aparte, el contenido de humedad es superior al 70-80% entre 1000 y 500 mb.

Por último, según se desprende de los datos de observación y de los análisis, el viento en niveles bajos era de componente E mientras en altura era del SW.

1.2.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 00 Z Y 12 Z DEL DIA 8/OCT/92.

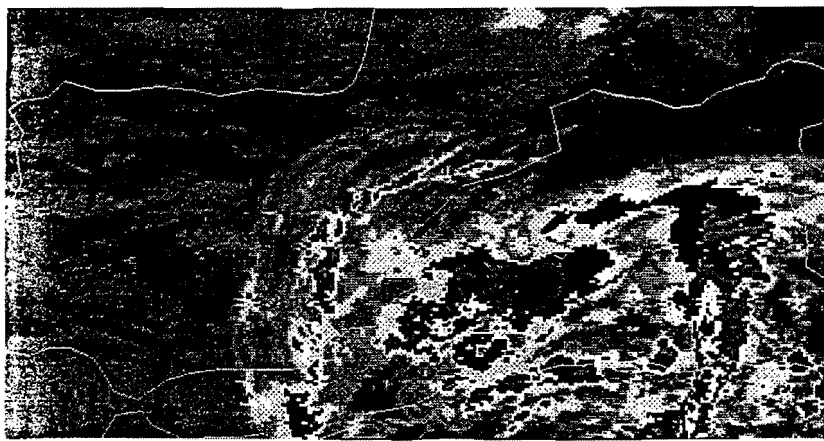
Las imágenes de satélite (WV e IR) nos muestran la progresión de la perturbación secundaria embebida en la principal, de forma que a las 01:30z se sitúa sobre la baja Mediterránea en superficie. A las 03 z, y sobre la pseudo-oclusión de dicha estructura nubosa surge el SCM2, Fig.1.2.a. (todas las imágenes IR están realizadas a partir de la Temperatura de Brillo de -32°C , con cambios de color/gris cada -4°). El otro aparece sobre la banda baroclina de la perturbación principal, frente a las costas de Almería; a las 04 z ambos se distinguen perfectamente en las imágenes IR, no mostrada aquí.

En superficie, la baja de Argelia permanece con su centro estacionario y oscilando su valor más bajo entre 1009 y 1007 mb.

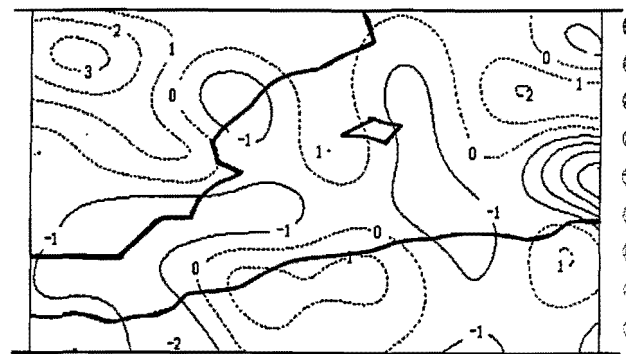
A las 03z, el PAMIS de convergencia (Fig.1.2.b) nos insinúa una zona donde se generan los dos SCM,s. Hay que hacer notar que a esta hora el número de observaciones es relativamente bajo al compararlo con otras horas sinópticas.

A las 06z, las imágenes de satélite nos muestran los dos sistemas convectivos perfectamente formados (Fig.1.2.c). Todos los vientos son ya de componente NE y cercanos a los 20 KT y se aprecia una clara convergencia en la zona de los sistemas convectivos (Figs.1.2.d y 1.2.e)

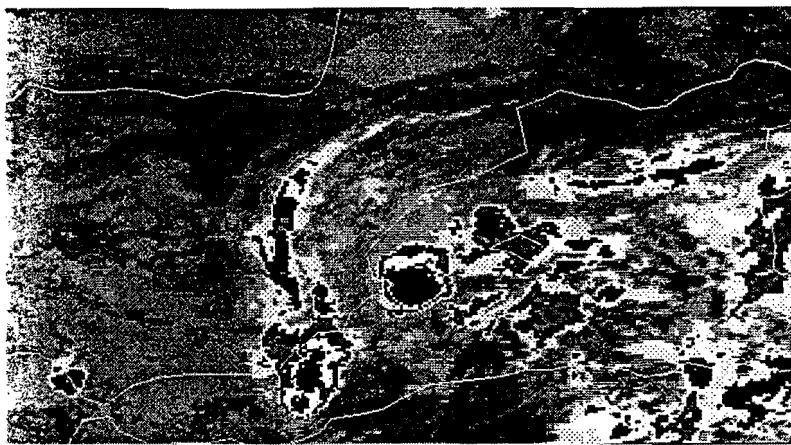
Las temperaturas en superficie han aumentado gradualmente, registrándose valores superiores a 24°C a las 09z. La convergencia, a esta hora, sigue siendo clara sobre la zona donde se encuentran situados los dos SCM,s (Fig.1.2.f).



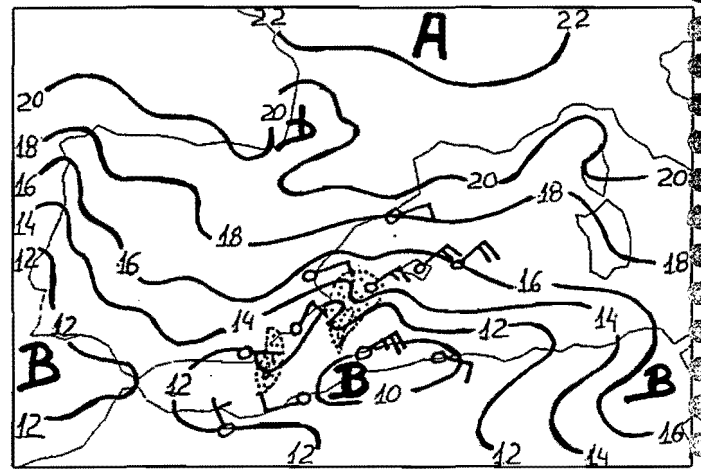
(a)



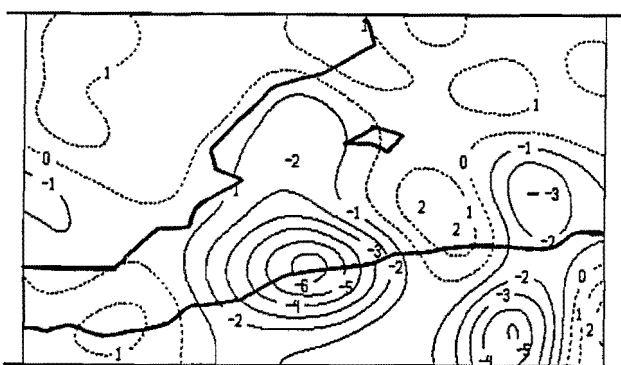
(b) 8/OCT/92 Convergencia a las 03z.



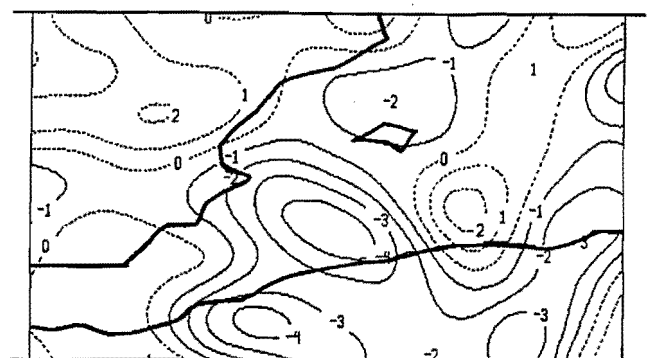
(c)



(d)



(e) 8/OCT/92 Convergencia a las 06z.



(f) 8/OCT/92 Convergencia a las 09z.

Fig 1.2: 8/OCT/92 .

a) Imagen IR a las 03z; b) Convergencia a las 03z; C) Imagen IR a las 06z; d) Mapa de superficie a las 06z; e) Convergencia a las 06z; f) Convergencia a las 09z.

1.3.- SITUACIÓN DEL 8 DE OCTUBRE A LAS 12z.

A esta hora siguen bien definidos los dos SCM,s, Fig 1.3.e imagen IR de las 12 z. Del análisis de los datos, Fig 1.3, y apoyados en las imágenes de WV de esta hora, se observa que la Baja en 300 mb, Fig 1.3.a, está situada sobre Lisboa y asociada a ella una vaguada que afecta a Andalucía y E español. Por detrás de ésta hay un máximo de viento de 90 KT del W

En 500 mb, Fig 1.3.b, el geopotencial presenta una estructura similar, con fuerte difluencia en la zona de interés. En la estructura térmica se mantiene el núcleo frío asociado a la DANA con -24°C y se ha agudizado la vaguada térmica en la zona mediterránea y N. de Africa. A este nivel la Península continúa seca en general y sólo hay algo de humedad sobre Baleares y el S de Levante (Palma da depresión de punto de rocío de 7 y Murcia, 4). Hay humedad en el Mediterráneo sobre Túnez, Córcega, Cerdeña y S de Italia con lo que los datos están de acuerdo con la nubosidad que se aprecia en la imagen IR de esta hora.

En 850 mb, Fig 1.3.c, destaca la dorsal térmica con eje Madrid / Valencia / Argel que, unida a los vientos de componente E, aseguran el flujo marítimo cálido que realimenta los sistemas convectivos. Al E, sobre el Golfo de León, se marca otro ramal de la dorsal térmica.

En superficie, Fig 1.3.d, se comienzan apreciar ciertas variaciones notorias:

- La baja de Argel comienza a desplazarse hacia el norte, lo que origina una reestructuración de los vientos en su flanco N y NW : se intensifican los vientos del NE en Baleares (donde se alcanzan los 25 KT) y se acentúa la convergencia sobre la zona de los SCM,s (Fig.1.3.f)
- Ambos sistemas convectivos tienden a desplazarse hacia las nuevas zonas de alimentación de forma que el SCM situado frente a las costas almerienses y murcianas tiende a desplazarse hacia el NE a la vez que el otro lo hace desplazándose hacia el SW aumentando de tamaño y actividad.
- La región hacia la que se desplazan los SCM,s coincide también con la asociada a las máximas caídas de presión, hecho que se repite a lo largo de todo el ciclo de vida de estas estructuras.

Esta constatación no está en contradicción con los "caminos de propagación" de los SCM,s detectados anteriormente, ya que las caídas de presión (provocadas tanto por la propagación de la baja en superficie como por la alteración mesoescalar que genera la presencia del SCM) van a condicionar el desplazamiento de la baja en superficie, que, a su vez, arrastra consigo las zonas de convergencia (alimentación, desde niveles bajos, del SCM), las cuales van íntimamente ligadas a las fronteras en niveles bajos a lo largo de las cuales se propagan los SCM,s según Riosalido (1991). Con los datos actualmente disponibles en la zona donde se encuentra el SCM, resulta imposible cuantificar el efecto de uno y otro factor en las caídas de presión observadas. Este hecho se puede apreciar en la secuencia de análisis de convergencia (10^{-5} s^{-1}) y tendencia de la presión (10^{-1} mb) obtenidos con el PAMIS (Figs.1.4 y 1.6). Para éstos últimos, sólo se han tenido en cuenta los datos de SYNOPS, y, de ahí, el que los núcleos de máximos valores tiendan a alargarse sobre el mar, buscando los datos de tierra.

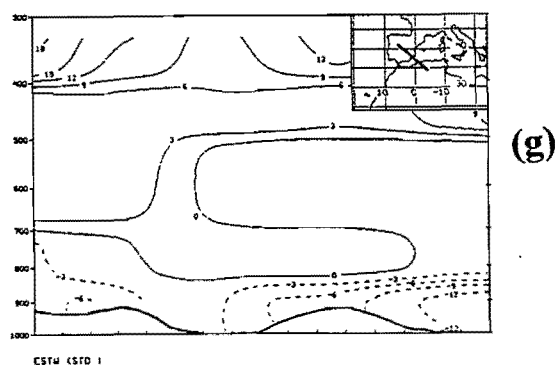
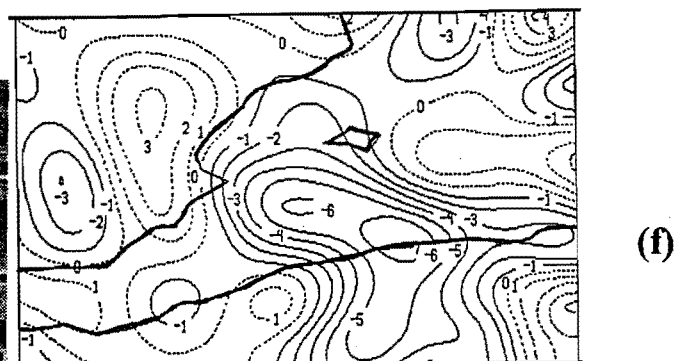
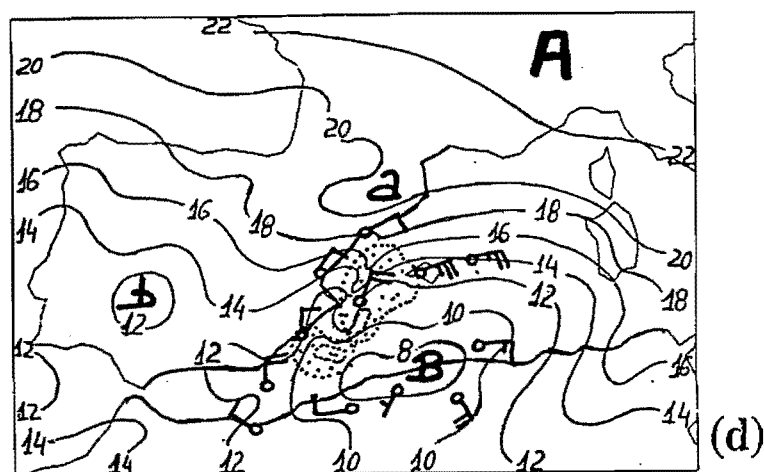
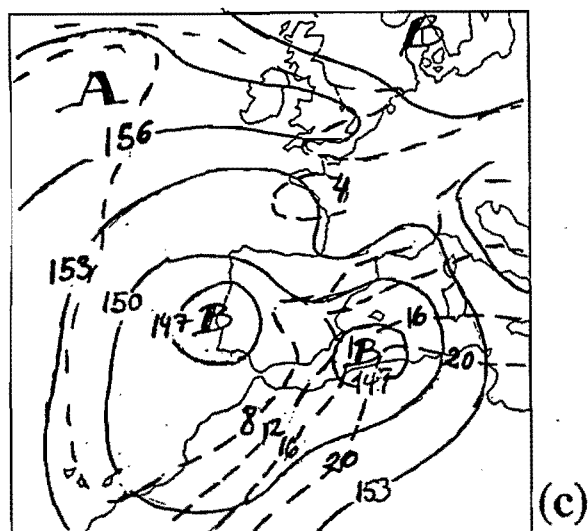
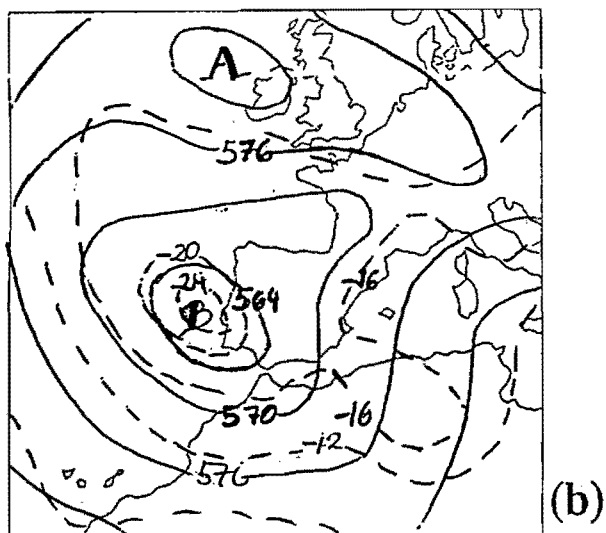
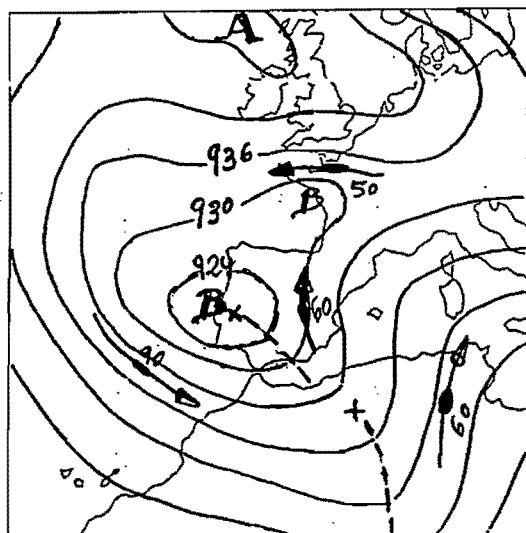


Fig 1.3 Situación atmosférica del 8 de Octubre a la 12z: a) Z y Jet en 300 mb b) Z y T en 500 mb c) T-850 mb y Z-1000 mb d) Análisis de superficie: SCM, según IR área punteada e) Imagen IR de las 12z f) Convergencia en superficie g) Corte de inestabilidad húmeda.

Campos de diagnosis.

El forzamiento sinóptico, que indica la $\text{div}Q$, es pequeño o negativo en todos los niveles sobre la zona de interés. Por el contrario, **la advección de temperatura presenta valores importantes (del orden de 3 a 5°C cada 12 horas) tanto en 700 como en 850 mb.**

Examinando varios cortes transversales se observa que en la zona sigue presentando inestabilidad convectiva en capas bajas, Fig 1.3.g. Por otro lado, el contenido de humedad es superior al 60% por debajo de 500 mb, siendo más notorio en niveles más bajos.

Sigue existiendo una frontera definida y se mantiene el fuerte gradiente de temperatura potencial equivalente de Mallorca a Cataluña.

1.4.- EVOLUCIÓN ENTRE LAS 12z DEL DIA 8/OCT/92 Y 00z DEL DIA 9/OCT/92.(Fig.1.4).

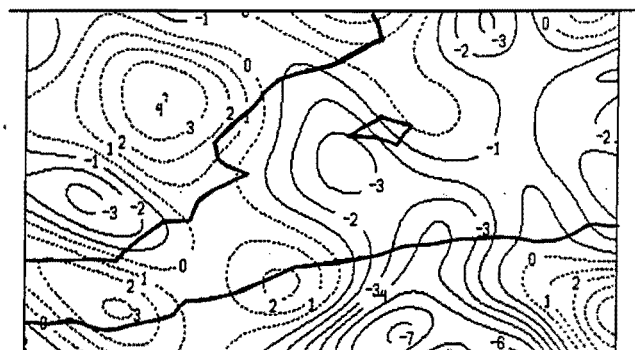
La nueva zona de convergencia en niveles bajos provoca que los dos SCM,s confluyan y se fundan entre las 13z y 14 z, de forma que el situado más hacia el oeste, SCM1, pierda la alimentación a favor del situado al sur de Ibiza, SCM2.

A partir de este momento (fusión los dos sistemas convectivos), es cuando la DANA comienza a desplazarse hacia el norte a la vez que el sistema convectivo, que permanecía cuasiestacionario frente a las costas de Valencia y sur de Ibiza, se empieza a trasladarse como consecuencia de que la baja en superficie (1009 mb) comienza a propagarse hacia el norte, llegando a situar su centro entre Mallorca y Menorca al final de este periodo, las 21z del 8/Oct/92.

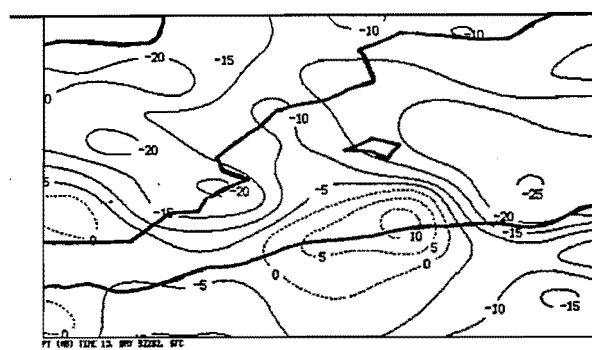
Se mantienen los vientos de componente NE entre Baleares y Valencia hasta las 18z y la zona de convergencia va coincidiendo, en cada momento, con el enclave del sistema convectivo.

Destacar que, durante todo este período de tiempo, el sistema convectivo se encuentra cercano a la zona de máxima convergencia en niveles bajos, Fig. 1.4, y se desplaza hacia la zona donde la caída de presión es mayor:

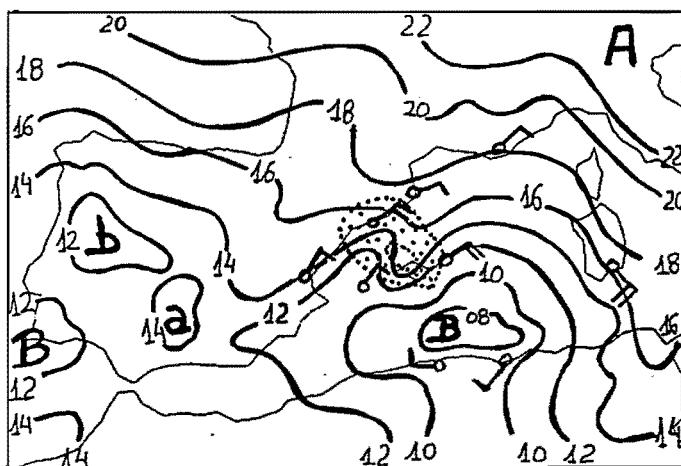
- en el mapa de superficie de 15z, no mostrado aquí, las mayores caídas de presión se dan en Menorca y el sistema convectivo se sitúa, para las 18 z, con su parte más activa entre Mallorca y Menorca.
- en el mapa de 18z, las mayores tendencias negativas de la presión se dan al norte del sistema convectivo y, para las 21z, éste se sitúa sobre el NE de Cataluña y norte de Baleares (en este momento, presenta dos zonas con topes más fríos: uno sobre la costa entre Barcelona y Girona y otro al NE de Menorca).
- en el mapa de 21z, las caídas de presión más bajas las presenta Mallorca y las imágenes de satélite nos revelan la existencia de un apéndice, por ahora con topes no muy fríos, justo al NW de esta isla, pero que será el que posteriormente se desarrolle más al corresponder a la futura zona de alimentación desde niveles bajos (ver razonamiento del apartado 1.3).



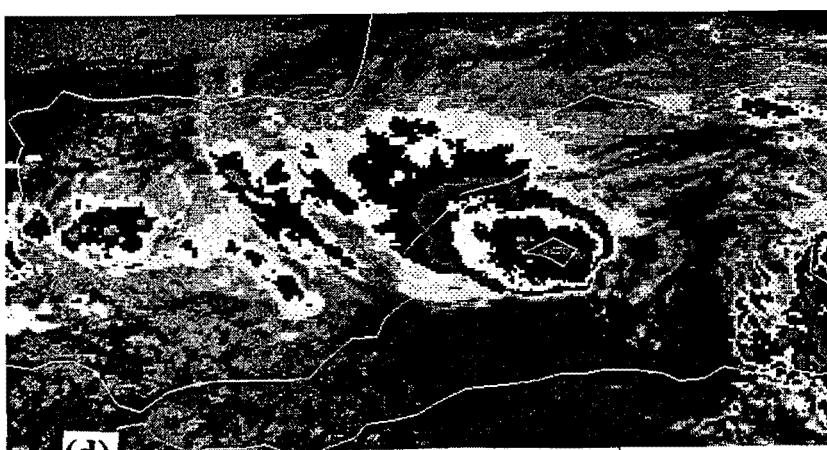
(a) 8/OCT/92 Convergencia a las 15z.



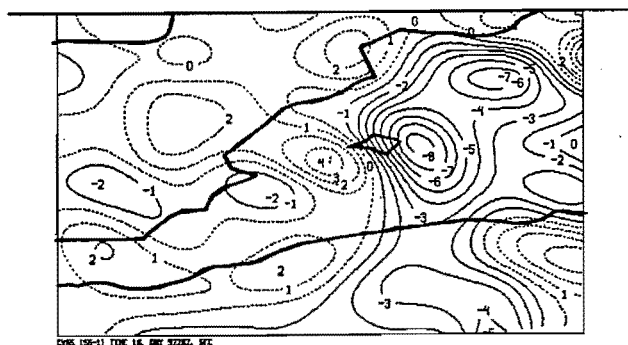
(b) 8/OCT/92 Tendencia de la presión 12z-15z.



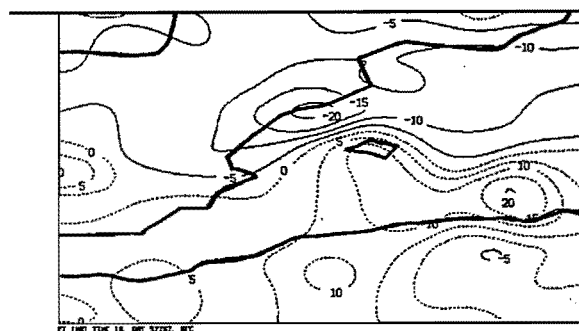
(c)



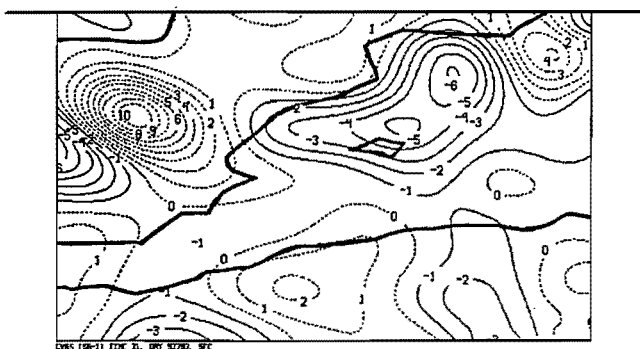
(d)



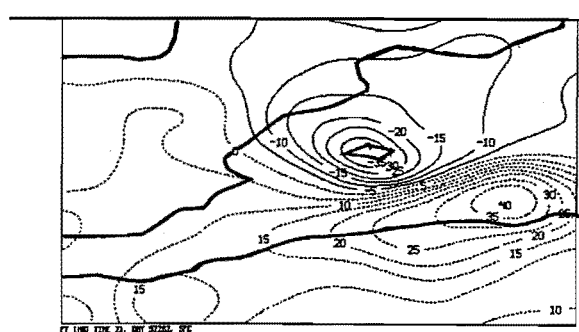
(e) 8/OCT/92 Convergencia a las 18z.



(f) 8/OCT/92 Tendencia de la presión 15z-18z.



(g) 8/OCT/92 Convergencia a las 21z.



(h) 8/OCT/92 Tendencia de la presión 18z-21z.

Fig 1.4. Evolución entre las 12z del 8 y 00z del 9 de Octubre: a) Convergencia a las 15z. b) Tendencia de la presión a las 15z. c) Mapa de superficie a las 18z; d) Imagen IR de las 18z. e) Convergencia a las 18z. f) Tendencia de la presión a las 18z. g) Convergencia a las 21z. h) Tendencia de la presión a las 21z.

Dos hechos son notorios en este período:

- a) Sobre las 18:30z y 19z se observa cómo una célula convectiva, situada en el flanco más oriental del SCM, se separa del grupo principal, cuya trayectoria es de S a N, y toma un rumbo hacia el E, penetrando en la isla de Menorca. Esta célula originó un tornado en dicha isla en horas posteriores (ver apartado 3.2.2 en la Evolución de Imágenes Radar).
- b) Sobre las 21:30z del día 8, existe una reactivación de un apéndice que el sistema presenta en su flanco sur, frente a las costas septentrionales de Mallorca. Posteriormente, evoluciona propagándose hacia las costas catalanas.

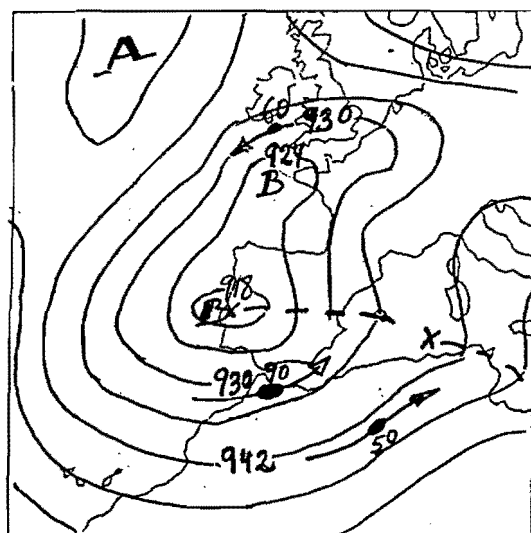
1.5.- SITUACIÓN DEL 9 DE OCTUBRE A LAS 00z

En estos momentos, Fig 1.5.e imagen IR de las 01:30z, sólo queda uno de los SCM que se ha desplazado hacia las costas catalanas. A esta hora, según los datos y la imagen de WV, el centro de la DANA se ha movido hacia el E y asociada a ésta, se ven las dos vaguadas que han evolucionado hacia el NE desde la posición que tenían 12 horas antes. De este modo, una de ellas, Fig 1.5.a, a esta hora está orientada desde Madrid a Baleares con lo que queda al S del sistema convectivo. Asimismo ha evolucionado hacia el NE la onda que soporta la nubosidad que afecta al Mediterráneo). Por otro lado, en su flanco S, hay un máximo de viento de 80 KT de componente W.

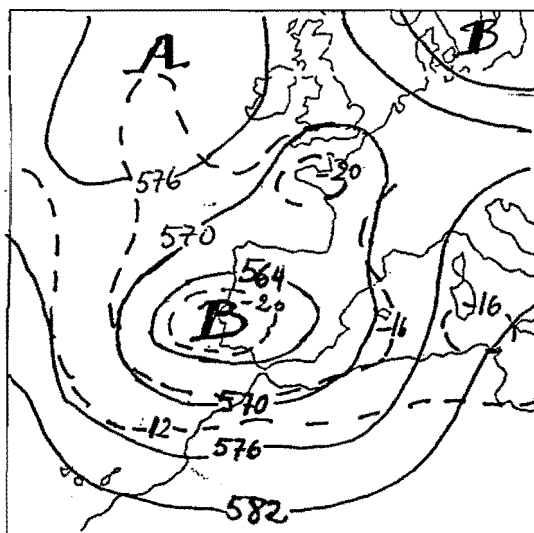
En 500 mb, Fig 1.5.b, la estructura del geopotencial es muy similar a la de niveles altos de modo que sobre la zona de interés hay flujo del SSW. En cuanto a la estructura térmica, el núcleo frío llega a dar los -20° y se mantiene la vaguada térmica, mencionada en los capítulos precedentes, afectando a la mitad oriental de la Península, más concretamente a la zona afectada por el sistema convectivo. Por otra parte del análisis de los datos se detecta una banda de humedad que abarca el cuadrante NE de la Península y se extiende por el Mediterráneo sobre Córcega y Cerdeña y hacia el S, lo que concuerda con lo que se aprecia en la imagen de satélite.

En 850 mb, Fig 1.5.c, la dorsal térmica tiene ahora su eje orientado casi de N a S según una línea que une Lyon, Marsella y Cerdeña. La dirección del flujo en este nivel sobre el sistema convectivo ha cambiado respecto a la que tenía 12 horas antes, siendo ahora más del SE.

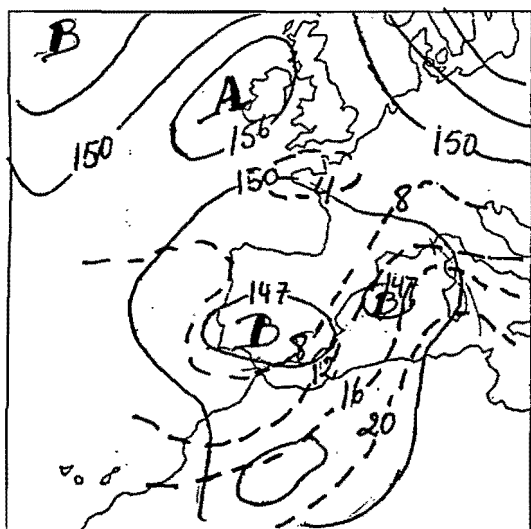
En superficie (Fig.1.5.d), las bajas presiones presentan un centro alargado con eje mayor Barcelona-Menorca y valores de 1010 mb. Las máximas temperaturas y mínimas depresiones del punto de rocío que han acompañado al sistema convectivo durante todo su existencia siguen estando presentes (con valores un poco más bajos en cuanto a las temperaturas y con respecto a las 00z del 8/Oct/92 al estar más al norte). Los vientos son de componente NE, de hasta 20 KT mientras que ya en Baleares y Valencia han cambiado de dirección (componente W) y han bajado mucho en intensidad (sólo Menorca marca 10 KT.). Una de las zonas de convergencia que nos muestra el PAMIS (Fig.1.5.f) siguen coincidiendo con la ubicación de los SCM,s. Las presiones comienzan a subir sobre la zona que han dejado atrás el sistema convectivo y las máximas caídas de presión las registran, a esta hora, los observatorios de la costa catalana y SE francés; se sigue observando la tendencia de los SCM,s a propagarse hacia las zonas de mayor caída de presión .



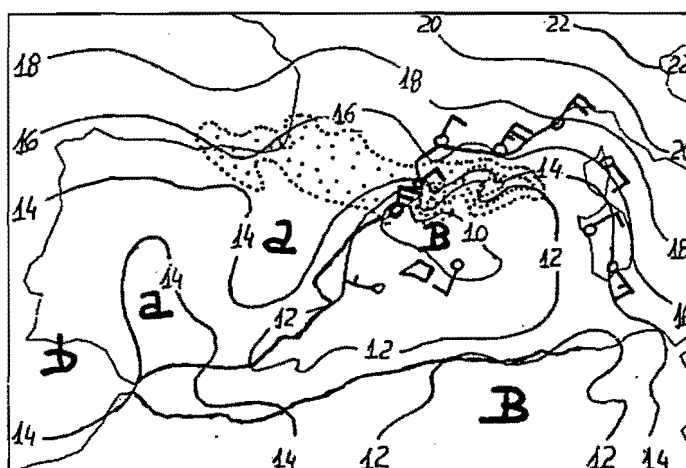
(a)



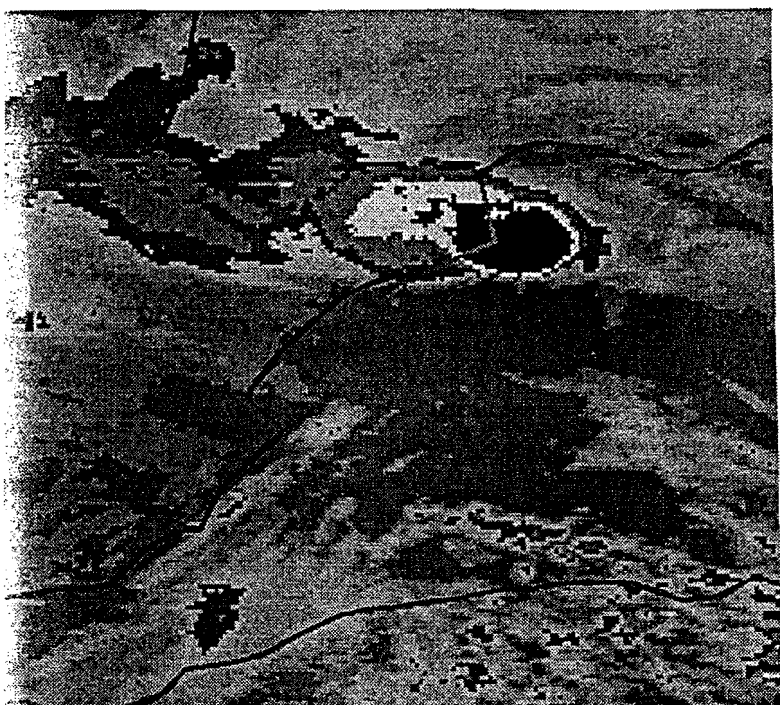
(b)



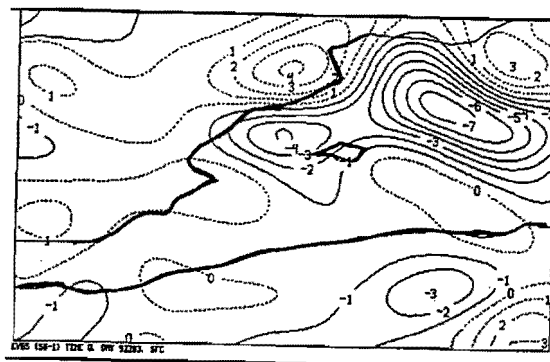
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig 1.5 Situación atmosférica del 9 de Octubre a la 00z: a) Z y Jet en 300 mb b) Z y T en 500 mb c) T-850 mb y Z-1000 mb d) Análisis de superficie:SCM zona punteada e) Imagen IR de las 01:30z f) Convergencia en superficie.

Campos de diagnosis.

Según los valores de $\text{div}Q$, el forzamiento sinóptico es débilmente negativo en 500 mb y positivo en 700 y 850 mb, siendo más fuerte en este último nivel. La advección térmica sigue dando valores positivos al N de Baleares, alcanzándose 14 grados cada 12 horas en 850 mb y del orden de 5 grados cada 12 horas en 700 mb, aunque en ambos niveles hay ya advección fría sobre Baleares.

La zona presenta valores de estabilidad baja entre 1000 y 500 mb (no mostrada aquí). Respecto del índice de inestabilidad TT, a esta hora ocurre como a las 12z del día anterior: $TT \geq 45$ en toda una banda que, desde el Atlántico, cruza la Península (sólo quedan fuera el S de Andalucía, el Pirineo y el N del Valle del Ebro) y sigue por el Mediterráneo sobre Baleares, Córcega y Cerdeña, S de Italia y N de Africa. Así, aunque el valor de TT es superior al umbral de 45 en la zona donde se encuentra el sistema convectivo a esta hora, esta posición no coincide con los valores máximos de TT (concretamente $TT > 52$ sobre Lisboa y Túnez, y $TT > 48$ sobre Valencia). La humedad es superior al 70% entre 500 y 850 mb pero es inferior al 60% tanto por encima de 500 mb como en niveles bajos. Esto supone que ha disminuido el aporte húmedo al sistema en niveles inferiores, lo que confirma el cambio en las condiciones para la persistencia del fenómeno comentado más arriba.

Al igual que en los análisis de horas anteriores, sigue apareciendo en 850 mb un fuerte gradiente de temperatura potencial equivalente a lo largo de la costa de Cataluña.

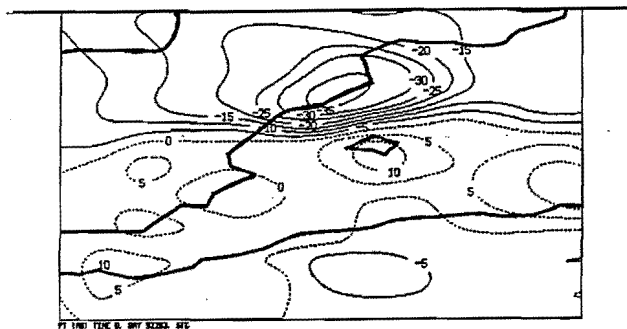
1.6.- EVOLUCIÓN DESDE LAS 00z A LAS 09z DEL DÍA 9 de OCTUBRE.

Entramos en el período durante el cual SCM se debilita, sobre todo cuando penetra en territorio francés, y siempre siguiendo las zonas de mayores caídas de presión (Figs.1.6).

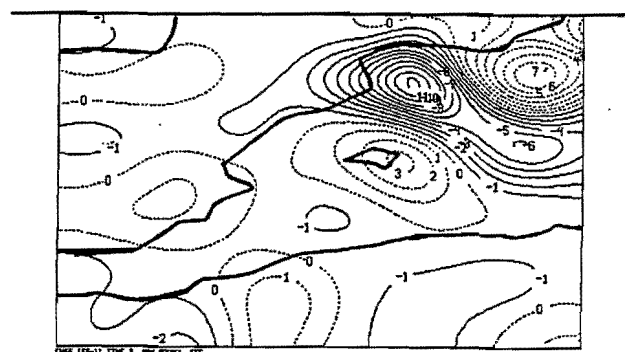
Los máximos de temperatura y temperatura de rocío quedan ahora a la derecha de la zona del sistema convectivo, donde, por otro lado, los vientos son de componente E y con valores de hasta 20 KT.

La tendencia negativa de la presión afecta ahora más a la parte del SE de Francia, con los máximos valores en Reus y Perpignan. Y es hacia esa zona hacia donde se propaga, ya entrando en su fase de disipación entre las 06z y 09z una vez en territorio francés.

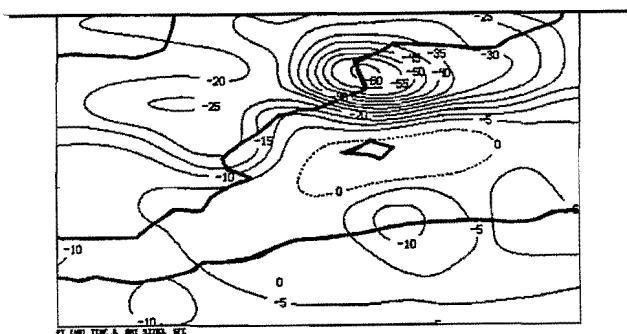
La vaguada de la DANA, que ha conducido al sistema, va debilitándose mientras que su centro se sitúa en la Península, apareciendo de nuevo una banda baroclina sobre el SE español asociada a otro nuevo episodio de lluvias en el Mediterráneo.



(a) 8/OCT/92 Tendencia de la presión 21z-24z.



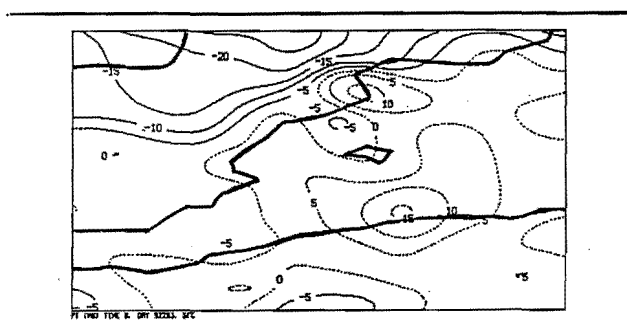
(b) 9/OCT/92 Convergencia a las 03z.



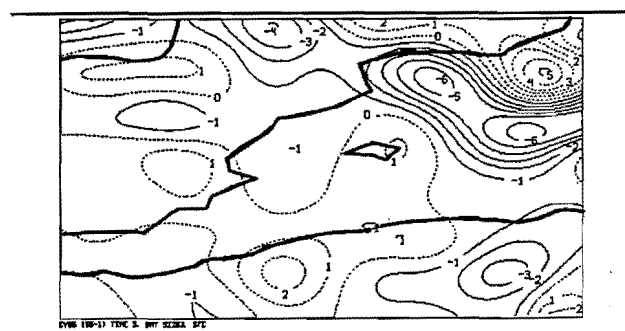
(c) 9/OCT/92 Tendencia de la presión 00z-03z.



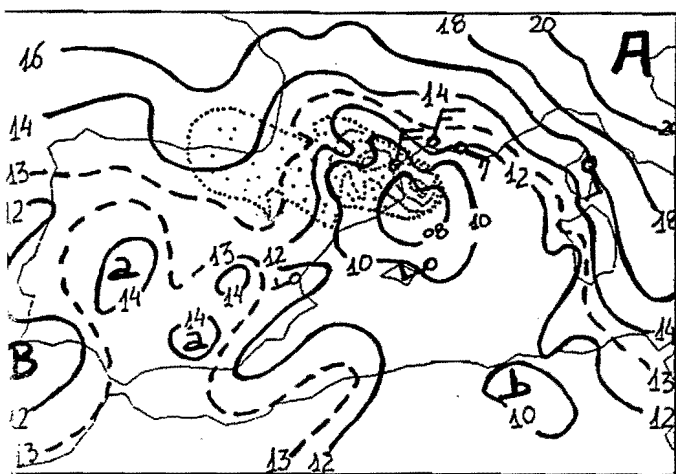
(d) 9/OCT/92 Convergencia a las 06z.



(e) 9/OCT/92 Tendencia de la presión 03z-06z.



(f) 9/OCT/92 Convergencia a las 09z.



(g)



(h)

Fig 1.6: 9/OCT/92 .

a) Tendencia de la presión a las 00z; b) Convergencia a las 03z; c) Tendencia de la presión a las 03z; d) Convergencia a las 06z; e) Tendencia de la presión a las 06z; f) Convergencia a las 09z; g) Mapa de superficie a las 03z; h) Imagen IR de las 03z.

Podemos concluir que, durante el día 8 y parte del 9 de Octubre de 1992, se dieron unas condiciones sinópticas y mesoescalares favorables para la formación y desarrollo de SCM,s sobre la zona Mediterránea que podemos resumirlas en:

a) Fase Inicial.

- Presencia de una DANA en altura que genera un flujo del SW en niveles medios y altos sobre la zona Mediterránea. Formación de una baja en superficie y a sotavento del Atlas frente a las costas argelinas, seguida de un proceso ciclogénico.
- Forzamientos sinópticos débiles (positivos y/o negativos) en niveles altos.
- Dorsal térmica en 850 mb que junto con el flujo de componente E, genera una advección cálida sobre la zona de interés. Fuerte zona baroclina y frontera cálida bien definida y agudizada, durante la noche, por el efecto de la península Ibérica.
- Flujo de componente E en niveles bajos que gira al SW en niveles medios y altos.
- Humedad apreciable en niveles bajos.
- Inestabilidad convectiva concentrada en niveles inferiores y limitada en niveles superiores que inhibiría los desarrollos convectivos generalizados en grandes áreas.
- Presencia y llegada de una onda secundaria asociada a la DANA, distinguible en las imágenes de WV, geopotencial en 300 mb y T en 500 mb que se sitúa en el borde oriental de la perturbación principal. Su llegada a la zona donde existe la baja en superficie, parece coincidir con el inicio de la convección. Este tipo de perturbaciones no suele ser bien tratada por los modelos numéricos de aquí que la utilización de las imágenes de WV sea importante, entre otros motivos.

b) Fase de desarrollo y madurez.

- Las mismas condiciones de altura que en la fase inicial: Flujo del SW, débil o nulo forzamiento sinóptico.
- Se agudizan las características en niveles bajos: Se intensifica la advección cálida, baroclinidad en niveles bajos, se profundiza la baja en superficie, aparece un flujo del E más marcado (llegando a aparecer un chorro en bajos niveles, claramente observado en los sondeos, con aporte de humedad en las zonas de la convección).
- En este caso, con flujos débiles o moderados en altura y débil forzamiento sinóptico, parece que los SCM,s tienden a moverse buscando las zonas de convergencia en superficie y según la frontera existente en 850 mb.

c) Fase de disipación.

- Las condiciones en altura se modifican ya que el forzamiento sinóptico en niveles medios y altos ya es positivo en grandes áreas.
- Desaparecen las condiciones que se daban en la fase anterior, preferentemente asociadas en superficie y 850 mb.

Parece que estos entornos sinópticos, apropiados a los desarrollos de SCM, se han constatado ya en ocasiones anteriores y pueden constituir un modelo conceptual válido para ser usado en las labores de predicción a corto plazo.

La utilización de las imágenes de satélite, preferentemente WV, pueden complementar los entornos sinópticos clasificados como "más apropiados", ya que se ha observado en repetidas ocasiones, que la presencia y llegada de una perturbación secundaria de latitudes más bajas (incluso de tipo subtropical), que es captada por la circulación asociada a la baja principal,

puede desencadenar convección en ciertas zonas de niveles bajos. Este hecho se observa aquí al analizar las imágenes de WV de las primeras horas del día 8. La llegada de una de estas estructuras a la zona mediterránea, donde existe una inestabilidad convectiva apreciable y limitada a las capas bajas, puede favorecer y/o ser el factor desencadenante para que se libere dicha inestabilidad. **Si el forzamiento en niveles altos es débil la liberación de energía se producirá allí donde las zonas de convergencias mesoescalares sean las más significativas. Por contra, si el forzamiento es más amplio y significativo, la convección será más generalizada, siempre y cuando se desarrolle.**

El primer hecho parece que se confirma aquí. Al ser el forzamiento sinóptico débil en altura, la formación de los SCM esta modulada por la perturbación de superficie mesoescalar, generada orográficamente por la cordillera del Atlas, en un escenario de flujos del SW en niveles medios y altos, que a su vez genera una anomalía cálida, en forma de lengua o dorsal en la temperatura próxima a los 850 mb. La baja y/o el flujo con componente Este con cierto recorrido marítimo en superficie, va produciendo una capa donde se concentra cierta inestabilidad convectiva, que normalmente esta inhibida en niveles superiores.

Como hipótesis de trabajo y atendiendo a los hechos observados, en este marco previo, la convección puede surgir allí donde las zonas de convergencia son más eficientes, de forma que la llegada a dicha zona de una perturbación secundaria en altura/onda corta, asociada a la DANA, puede ser el elemento que **acoplado a niveles bajos**, rompa y dispare la convección, liberándose en dicha rotura la energía concentrada en niveles inferiores.

El escenario general de los acontecimientos puede seguir controlado por la DANA que conforma la estructura general en donde se van a generar y desplazar las perturbaciones mesoescalares en niveles bajos: fronteras, dorsal térmica en 850 mb, lenguas cálidas, flujo de componente Este en niveles bajos que gira al SW de niveles superiores, etc. Pero además existe, en este caso, otro elemento que puede modular y condicionar los desplazamientos o propagaciones de los SCM, s.; nos estamos refiriendo a la evolución de la Baja de superficie que puede controlar y modificar las zonas de convergencia en niveles inferiores: en las zonas de convergencia en niveles bajos y allí donde los vientos son más intensos se produce un máximo de transporte o transferencia de calor por los procesos de turbulencia mar-aire (el mar actuando como una fuente de calor en esta época del año), generando movimientos ascendentes y por tanto más convergencia en niveles bajos que aumenta la vorticidad ciclónica en capas bajas y de nuevo en reproducir nuevas zonas de convergencia, comenzando el ciclo de nuevo (Ver diagrama de inestabilidad de interacción mar-aire, Bluestein, 1993). El proceso se puede ver alterado y modificado por otro elemento mesoescalar nuevo: la convección organizada en forma de SCM.

Una vez que se ha generado la convección, y ésta comienza a organizarse, los procesos asociados a la liberación de calor latente añaden una componente más a los mecanismos que generan y modulan a las **nuevas zonas de convergencia y zonas de caída de presión** que a su vez tienden a aumentar la vorticidad ciclónica geostrófica inferior ya que este nuevo aporte energético supone nuevas zonas con movimientos ascendentes, áreas de convergencia en niveles bajos, anomalías mesoescalares de Vorticidad Potencial en niveles medios y redistribución de la vorticidad ciclónica con la consiguiente propagación de la propia baja en superficie (proceso de inestabilidad condicional de segunda clase, CISK) alejándose de la zona donde se originó orográficamente.

Los entornos sinópticos débiles permitirían y explicarían los hechos anteriores en los que las perturbaciones propias mesoescalares (Baja y SCM) pudieran controlar y generar, por sí mismos y de una forma continuada, las zonas de convergencia y la propagación de dichos fenómenos. De esta forma los SCM,s se alimentaban en las zonas donde existía una convergencia marcada y se desplazaron hacia las zonas donde las caídas de presión eran significativas y de acuerdo con el marco general atmosférico. La DANA pondría el ecenario general donde los actores (baja, frontera, SCM, etc) deberían desarrollar sus propias características y donde pudieran interaccionar entre ellos mismos.

Una vez que el entorno sinóptico toma las riendas de los acontecimientos (forzamiento marcado en niveles altos), los actores deben de actuar bajo su batuta y directrices, produciendo otro tipo de fenomenología (caso de la fase de disipación o un nuevo episodio).

Un director apropiado para el desarrollo de este tipo de acontecimientos es la DANA; aunque hay que hacer notar que en gran parte de su ciclo de vida se suele transformar en Baja fría, como en este caso, pues llega a reflejarse en todos los niveles de la troposfera.

1.7 ANALISIS DE LOS DATOS DE SONDEOS DE LA ZONA.

Se han estudiado los sondeos del área afectada por los dos SCM,s y se han analizado sus datos desde tres puntos de vista:

- a) Análisis clásico.
- b) Cortes verticales y comparación con los equivalentes obtenidos del Modelo Numérico de Area Limitada - LAM (Limited-Area Model) del INM.
- c) Aplicación del método de Bellamy.

Los sondeos de trabajo corresponden a Argel, Murcia, Palma de Mallorca y Nimes. Para la utilización del método de Bellamy se han incorporado Zaragoza y Ajaccio (Córcega).

Los dos primeros apartados se pueden realizar en el SAIDAS mediante herramientas operativas, mientras que el tercero se ha ejecutado por programas específicos desarrollados en PC por el S.T.A.P (Riosalido, Nota aún no publicada). Pasemos a describir los resultados obtenidos para cada caso:

a) Análisis clásico.

Se han estudiado la evolución, diferencias espaciales y temporales, de los sondeos mediante el uso del diagrama SKEWT. Haremos referencias a los índices y parámetros operativos que se pueden derivar del sondeo.

**Análisis de los datos de 00z del 8/Oct/92.*

Estamos en la fase anterior a la formación de los SCM,s. A esta hora no se dispone de un(os) sondeo(s) próximo(s) que pueda ser representativo(s) del SCM1, que se formó al SE de las costas almerienses.

Tomando Palma y Murcia (este, en la Fig 1.7.1) como los más cercanos al inicio del SCM2 observamos que presentan las siguientes características comunes:

*Alto contenido de humedad en superficie, lo que hace que el Nivel de Condensación Convectivo (NCC, desde ahora) y Nivel de Condensación por Ascenso forzado (NCA, a partir de aquí) sean bajos (siempre que la burbuja parta de superficie).

*La inestabilidad marcada por los índices clásicos (TT y K) alcanzan valores relativamente bajos (40/44 para el TT y 21/24 para el K) mientras que la inestabilidad convectiva aparece concentrada en capas bajas.

*El perfil es húmedo, dando lugar a valores del agua precipitable superior a 20 mm.

*El elemento fundamental y diferenciador lo constituye el viento que en las zonas de formación es de componente ESTE en niveles bajos (950mb-750mb) y gira en sentido horario con la altura, para hacerse del S o SW en niveles medios y altos.

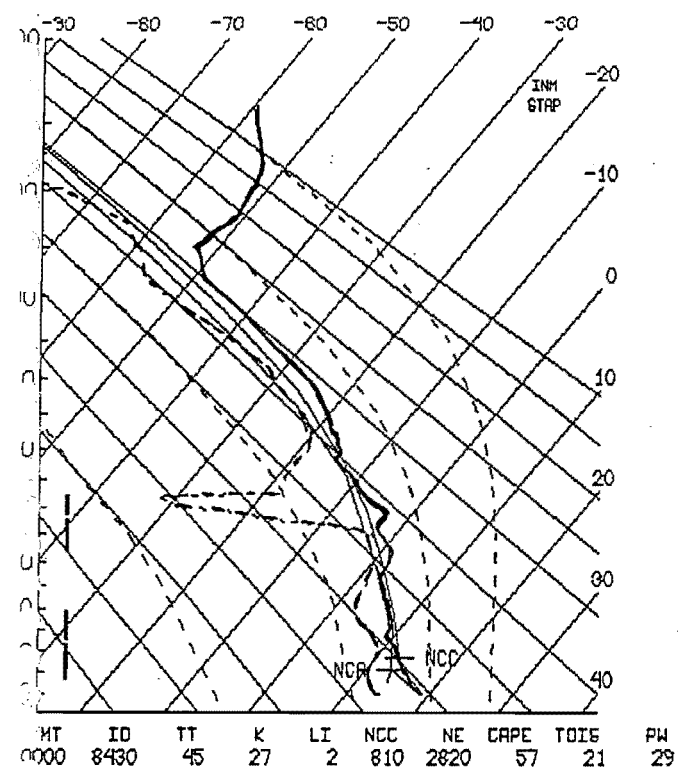


Fig 1.7.1 Sondeo de Murcia del 8/Oct/92 a las 00z: 3 horas antes de la formación de los SCM, s.

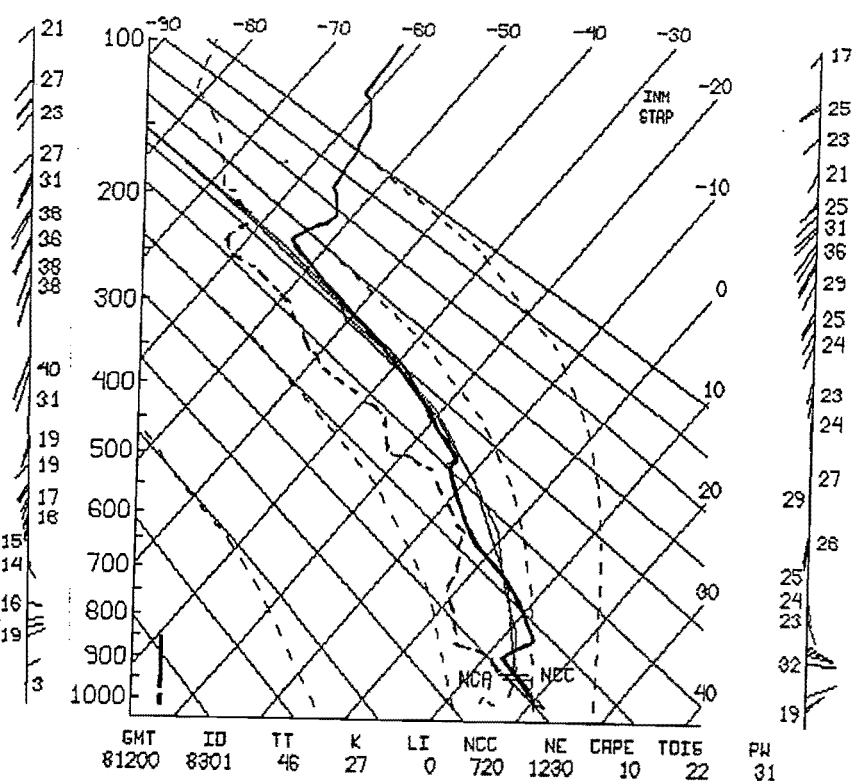


Fig. 1.7.2 Sondeo de Palma del día 8 a las 12z.

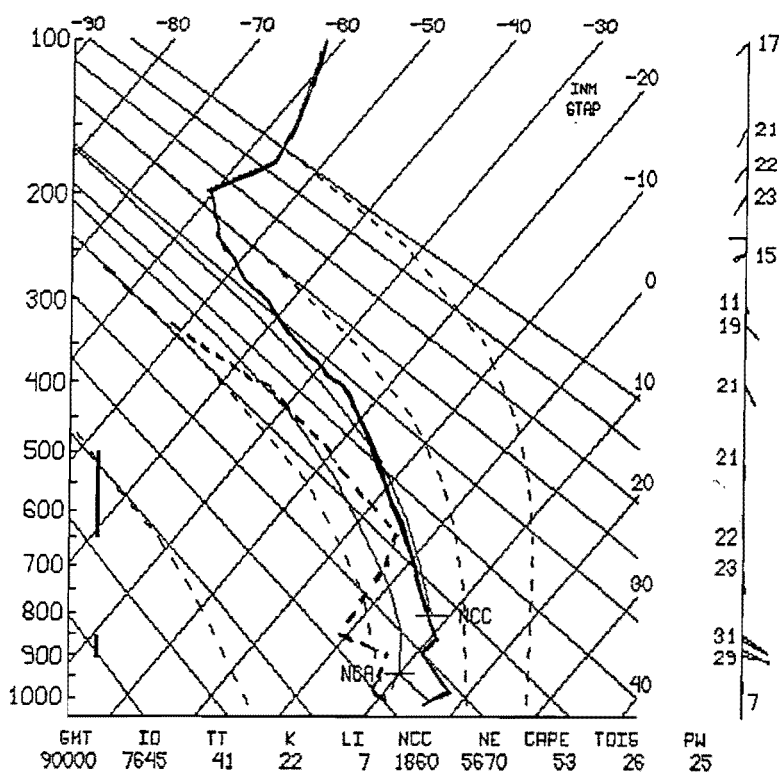


Fig.1.7.3 Sondeo de Nimes(Francia) del 9/Oct/92 a las 00z.

**Análisis de los sondeos de 08/Oct/92 12z.*

Los dos SCM,s se encuentran próximos a Ibiza y unas horas antes de fundirse.

Se podrían repetir los puntos anteriores referidos a los sondeos que quedan próximos a los SCM,s, aunque Murcia queda en el flanco de la zona estratiforme y Palma en la zona de alimentación de los SCM,s.

Se han incrementado, en el sondeo de Palma de Mallorca, Fig 1.7.2., los ciertos parámetros que pueden favorecer la convección: mayor humedad, NCC y NCA más bajos. Pero sobre todo, no sólo se mantiene el flujo del ESTE sino que se incrementa y aparece un **chorro en bajos niveles alrededor de 850 mb de 32KT** bajo una fuerte inversión. Los vientos siguen girando con la altura en sentido horario y presentando una débil cizalladura vertical,

Por contra en el resto de los sondeos de la zona se mantienen los valores de los diferentes parámetros de forma muy parecida, aunque el elemento diferenciador sigue siendo el viento en niveles bajos. Nimes comienza a dar flujo débil del Este por debajo de 800 mb.

**Datos de las 00z del día 9/Oct/92. Siete u ocho horas antes de la disipación del SCM2.*

Es ahora el sondeo de Nimes, Fig 1.7.3, el que se encuentra más cercano al SCM2 y aunque el de Palma pueda recordar las condiciones anteriores en su perfil de T y Td, existe ya el elemento diferenciador que para este caso es el fundamental: ha desaparecido el chorro con flujo del ESTE en capas bajas y se ha trasladado hacia el sur de Francia. El chorro en bajos niveles es de 31 KT del ESE, en Nimes.

Podemos resumir los resultados anteriores, y para este episodio en que las condiciones que favorecieron la convección, a partir exclusivamente del análisis clásico del sondeo pudieron ser:

- Alto contenido de humedad en superficie que repercute en bajos valores del NCC,NCA.
- Alto contenido del agua precipitable (≥ 20 mm).
- Inestabilidad convectiva en capas bajas, y débil o moderada inestabilidad latente.
- Sobre todo **flujo del componente ESTE en los niveles inferiores (950mb-750mb)** y, particularmente, la presencia de un Chorro en bajos niveles que pueda mantener a sistemas de larga duración e intensidad (más organizados, como son los SCM).

b) Cortes verticales y comparación con los equivalentes obtenidos del LAM.

La utilización de cortes verticales es una herramienta relativamente nueva en los ambientes

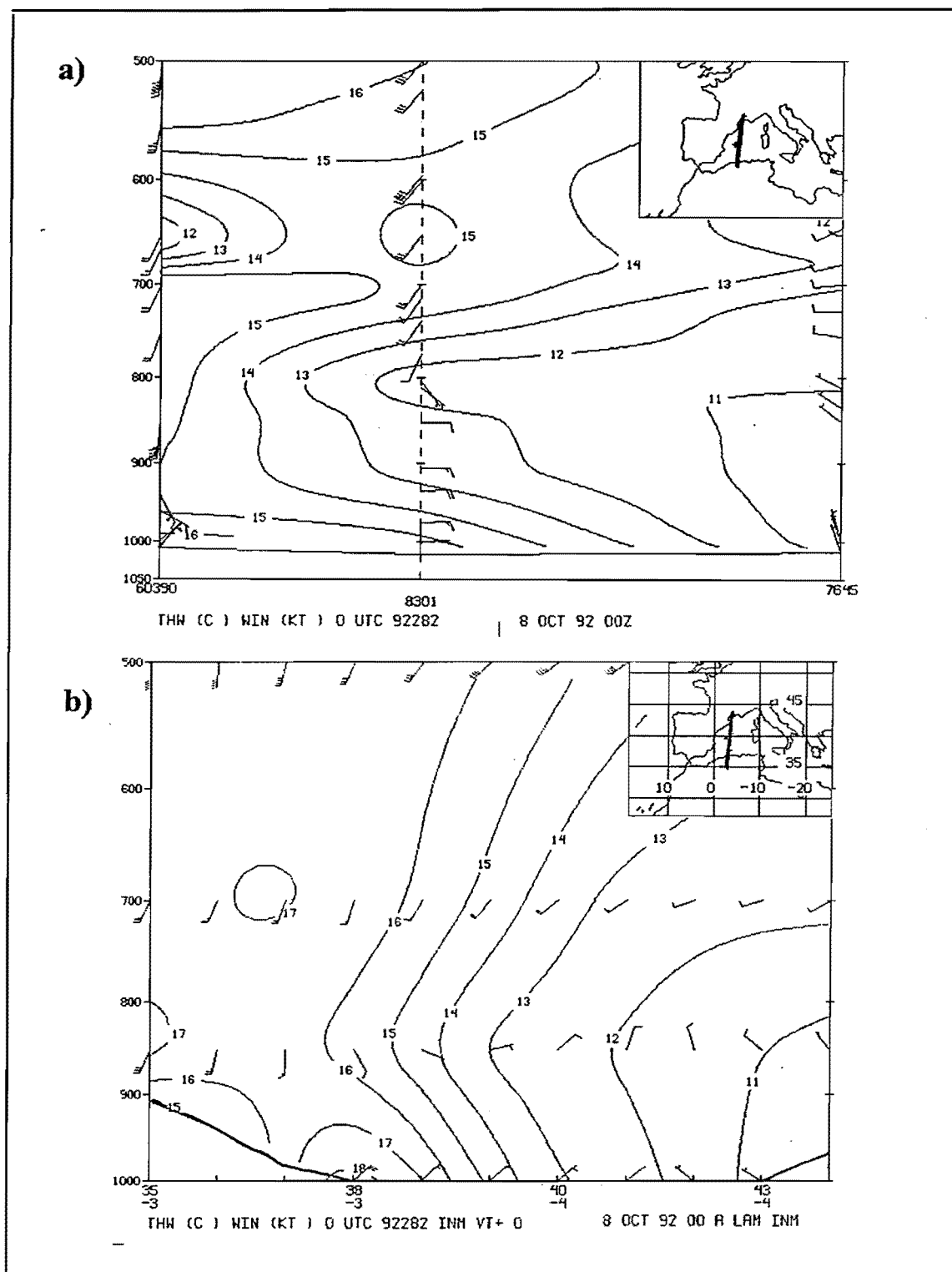


Fig 1.7.4. Secciones verticales:THW-WIN. a) Sondeos: 8 a las 00z. b) Del análisis objetivo del LAM: día 8 a las 00z .

operativos de predicción del INM, gracias a las potencialidades que ofrece el SAIDAS, ya que permite no sólo realizarlo con datos de sondeos o campos directos del modelo, sino de parámetros derivados de éstos (Elizaga F. et al.,1992).

Sus limitaciones radican en **la bondad del modelo y/o la densidad de sondeos que se utilicen para la Sección vertical**), ya que estos últimos se ven afectados por los métodos de interpolación, sobre todo en zonas de escasa cobertura. Se han realizado cortes verticales combinando: la Temperatura Potencial de Termómetro Húmedo (THW), para analizar la inestabilidad potencial, y los vientos (WIN), utilizando los datos de sondeos y las salidas de los análisis objetivo del LAM correspondiente a la misma hora.

La orientación de los cortes han sido la misma y tratando siempre de "interceptar" a los SCM,s que en ese momento existían, bien por la línea que unía el Golfo de León con el Norte de Argelia o con el Norte de Marruecos.

Dos consideraciones importantes:

@ Sondeos.

La escasa densidad de sondeos en la zona mediterránea puede introducir (por efectos de interpolación, sobre todo) falsas estructuras meteorológicas en la vertical. Se deberá tener en cuenta la situación sinóptica para analizar su correspondencia lógica y deberán mantener cierta continuidad temporal y espacial, para poder considerarlas o eliminarlas del análisis.

Por este motivo es mejor representar el viento dado por el sondeo que otros parámetros derivados de él (velocidad perpendicular al corte, la transversal,etc), pudiendo observar estructuras de mayor peso en su interpretación.

@ Modelos: LAM.

Se ha trabajado con los análisis objetivos del LAM de las 00z y 12z que utilizan como "campos previos" las salidas de H+12 del CEPPM y el H+6 del LAM de la pasada de 06 z, respectivamente.

Particularizando al campo de humedad se ha observado, subjetivamente, que **el modelo del CEPPM sobreestima la humedad en las primeras horas de predicción mientras que el LAM tiende a subestimarla** (lo mismo ocurre con la temperatura en 850 mb en nuestra zona). Como en las áreas donde no existen datos de sondeos el peso del campo previo es importante, esto repercute en que es más inestable el LAM de las 00z (campo previo del CEPPM) que el LAM de las 12z (campos previo del H+6 del LAM de la pasada de 06 z); también influye en las estructuras que se puedan derivar de los campos térmico y de humedad (aumentado o disminuyendo los gradientes, desplazándolos,etc) como son el parámetro frontal térmico, THW,etc.

Por otra parte los vientos de los análisis objetivos de los modelos también suelen estar subestimados en intensidad, colocación de los máximos,etc. en niveles bajos, por el influjo orográfico.

Una combinación conjunta y complementaria parece ser la mejor manera de utilizarlos en ambientes operativos en las labores de análisis y diagnóstico de la atmósfera. Pasemos a analizarlos y compararlos.

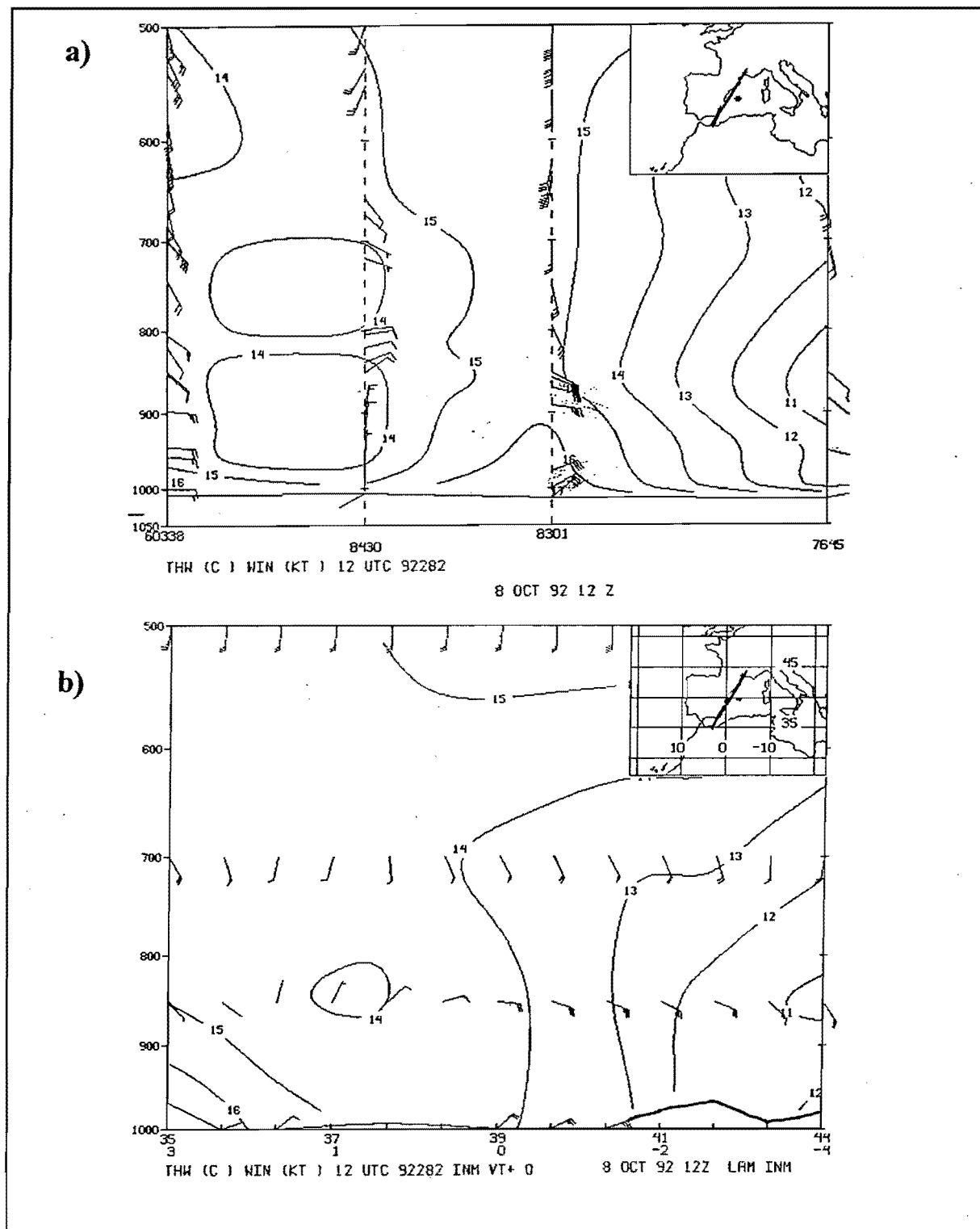


Fig 1.7.5. Idem que en caso anterior pero a las 12z del día 8.

**Cortes verticales de las 00z del día 8. Tres horas antes de la formación del los SCM,s.*

Los cortes de las 00 z del día 8, Fig 1.7.4 a y b, nos muestran la presencia de inestabilidad convectiva en el Norte de Africa así como la posible existencia de una frontera o **frente cálido poco profundo en niveles bajos**, como flanco delantero de una anomalía cálida en dichos estratos. Su ubicación por el modelo puede ser más realista que la generada por el sondeo, atendiendo a la configuración de los datos de superficie. Mientras que el modelo la sitúa entre Palma y Argel , el segundo la sitúa más allá de la Isla y con una pendiente vertical , "hacia atrás", y un gradiente (baroclinidad) menos acusado que el suministrado por las salidas numéricas, posiblemente debido a la escasa resolución horizontal.

Esta estructura se va a mantener en las horas sucesivas pero trasladándose hacia el norte, respecto del corte utilizado como referencia, con la particularidad que van incrementándose los vientos entre 800 mb y superficie en intensidad haciéndose más del ESTE hasta la aparición de un Chorro en niveles bajos.

**Cortes de las 12 z del día 8. SCM,s en su fase de madurez.*

Los cortes del LAM, Fig 1.7.5.b., apenas muestran la existencia o indicios de los elementos encontrados con anterioridad y en todo caso **mucho menos acusados**: inestabilidad convectiva centrada en bajos niveles, baroclinidad y la presencia de una frontera cálida. Esta disminución de los parámetros analizados, respecto a las salidas de las 00z, puede ser debida al "first guess" que utiliza los análisis objetivos del LAM de 12 z pues es el H+6 de la pasada de 6 z del propio LAM que suele subestimar la temperatura y sobre todo la humedad. Por contra el corte realizado mediante sondeos, Fig 1.7.5.a., tampoco parece ser muy realista ya que desplaza la anomalía cálida y baroclinidad más allá de Palma. Lo más llamativo está en que se produce una intensificación de los vientos en niveles bajos, concordando con el sistema al que está alimentando.

**Cortes de las 00 z del día 9. Comienza la fase de disipación en el SCM2.*

Los cortes realizados con los análisis del LAM, Fig 1.7.6.b, vuelven a recuperar los rasgos de 24 horas antes (LAM de 00z del día 8) pero desplazados aún más al norte, ya que aquí el campo previo es el H+12 del CEPPM (sobreestimación de la humedad, y por tanto de Td, por problemas del "spin up"). Los cortes mediante sondeos no nos muestran ningún elemento de horas anteriores, salvo la inestabilidad convectiva y el flujo del ESTE en niveles superiores a 900 mb.

Como vemos, tanto las secciones verticales realizadas mediante sondeos (escasa densidad de datos) como por modelos, adolecen de defectos importantes, lo suficientemente significativos como para tratar de definir espacial y temporalmente estructuras tan finas e importantes en la formación y mantenimiento de la convección. En ambos casos podemos observar algunos elementos comunes que nos pueden dar una señal de lo que ocurre en la atmósfera a una escala mayor de lo que pretendemos analizar: presencia de inestabilidad convectiva en capas bajas, la existencia o ausencia de tapaderas, estructura de los flujos en capas bajas, anomalías y frontera cálida en bajos niveles,etc.

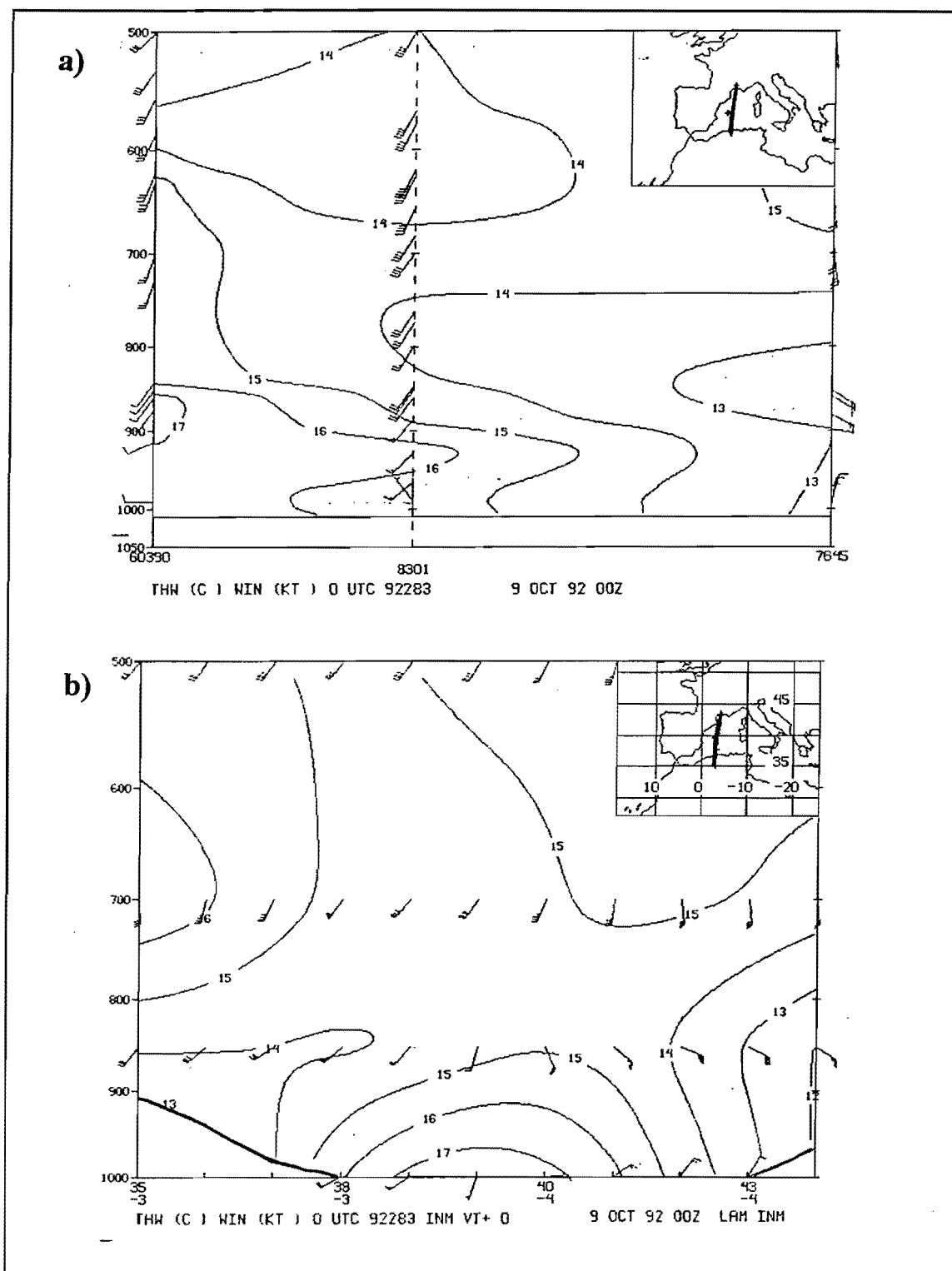


Fig 1.7.6. Idem que en los casos anteriores pero a las 00z del día 9.

c) Aplicación del método de Bellamy.

El método de Bellamy (Bellamy, 1949) permite calcular, a partir de los datos de vientos de tres sondeos que formen un triángulo, un conjunto de magnitudes derivadas de las

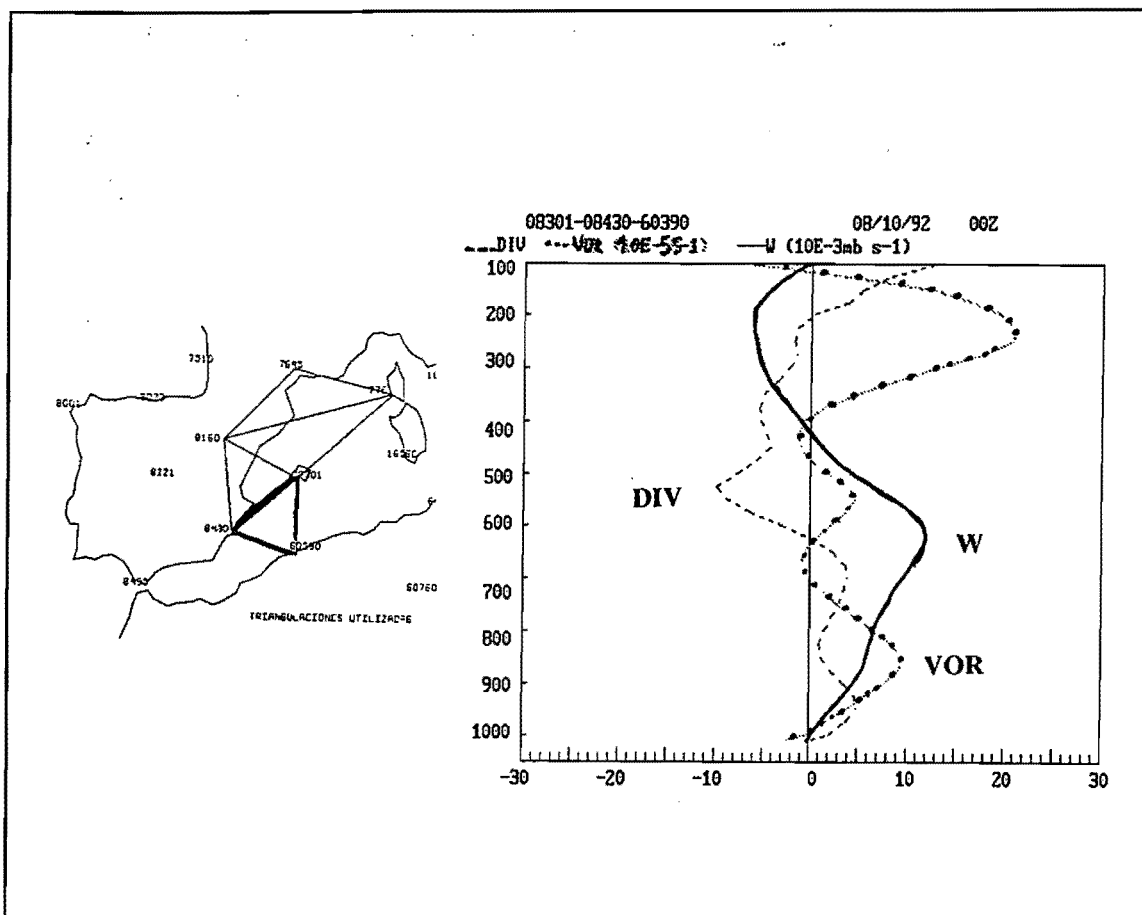


Fig 1.7.7. Perfiles de DivV cor, Vor y W cor obtenidas por el método de Bellamy a las 00z del 8/Oct/92 para el triángulo Palma-Murcia-Arge (PMA).

modificaciones que los vientos, en los respectivos vértices y a cada nivel, harían del área originaria. El método de Bellamy se puede aplicar directamente al conjunto de observaciones sin necesidad de tener que analizar el propio campo de vientos, obteniéndose, para cada nivel, la divergencia (Div V), velocidad vertical (W) y vorticidad (Vor). Posteriormente se introduce una corrección en la W y DivV imponiendo que la velocidad vertical en superficie y en 100 mb sean 0 (ajuste objetivo de O'Brien, 1970). En las gráficas tendremos representadas los perfiles verticales de Wcor (velocidad vertical corregida), DivVcor (Divergencia horizontal corregida) y así como Vor (Vorticidad no geostrófica).

Los perfiles derivados serán tanto más representativos, del fenómeno a analizar, cuanto menor sea el área de triangulación, preferentemente equilátera, y cuando el sistema de estudio cubra gran parte de la zona triangulada. Los SCM,s de gran tamaño son unos candidatos ideales a la hora de poder aplicar este método.

En nuestro caso se han tomado los sondeos del día 08 y 09 de Octubre de 1992 de las siguientes estaciones:

- *Argel 60390
- *Murcia 08430
- *Palma de Mallorca 08301.
- *Zaragoza 08160.

*Nimes 07645.

*Ajaccio (Córcega) 07661.

Los triángulos los denominaremos por sus vértices, así Palma-Murcia-Argel será P-M-A.

Se han calculado y dibujado cada uno de los perfiles de dichas magnitudes con las diferentes triangulaciones, tanto si existía o no algún SCM, para ver sus diferencias y se han analizado las variaciones temporales que experimentan cada una de ellas.

Hay que hacer notar que los valores obtenidos representan **un promedio de la zona de triangulación** y no lo que en un instante dado, puede ocurrir en el propio SCM.

Resultados obtenidos:

**Datos de las 00z del día 8.*

En estos momentos estamos en la fase preinicial (los SCM, se forman a las 03z). El triángulo P-M-A abarcaría la zona del SCM2 mientras que el resto sería ajeno a los hechos.

Cabe destacar, como elementos importantes, Fig 1.7.7., **la existencia un estrato con vorticidad ciclónica en niveles bajos entre 700 mb y 1000 mb, con un máximo en 850 mb** como consecuencia de la baja que se formó al norte de Africa, débiles movimientos descendentes en niveles medios y bajos. La convergencia, por contra, es marcada en niveles altos mientras que existe divergencia en niveles bajos.

El resto de las zonas presentan, como elemento diferenciador más importante, la presencia de un máximo de vorticidad anticiclónica en niveles bajos como consecuencia de la cuña de altas presiones que en esos momentos existía en la zona y puesta de manifiesto en la topografía de 850 mb y análisis de presión en superficie.

**Datos de las 12 z del día 8.*

Ya se han formado los SCM,s y los triángulos P-M-A y Z-M-P encierran parcialmente a los dos sistemas. Ambos han desarrollado su parte estratiforme en niveles medios y sigue existiendo convección intensa en la zona. Mientras que el área estratiforme cae dentro del triángulo Z-M-P, la zona convectiva lo hace sobre P-M-A.

Los perfiles que mejor caracterizan estos hechos son los de vorticidad y velocidades verticales.

En efecto en el P-M-A, Fig 1.7.8.a, sigue existiendo **el máximo de vorticidad ciclónica entre 900-850 mb y ha aumentado en niveles superiores. La velocidad vertical ascendente (valores negativos) afecta a toda a la troposfera con un máximo relativo en el mismo nivel anterior y otro situado sobre 500 mb. También la convergencia se acentúa en niveles bajos y medios.**

Los perfiles del triángulo Z-M-P (Zaragoza-Murcia-Palma) nos muestran lo que podría representar toda la zona donde esta embebida el área estratiforme del SCM2, Fig 1.7.8.b.

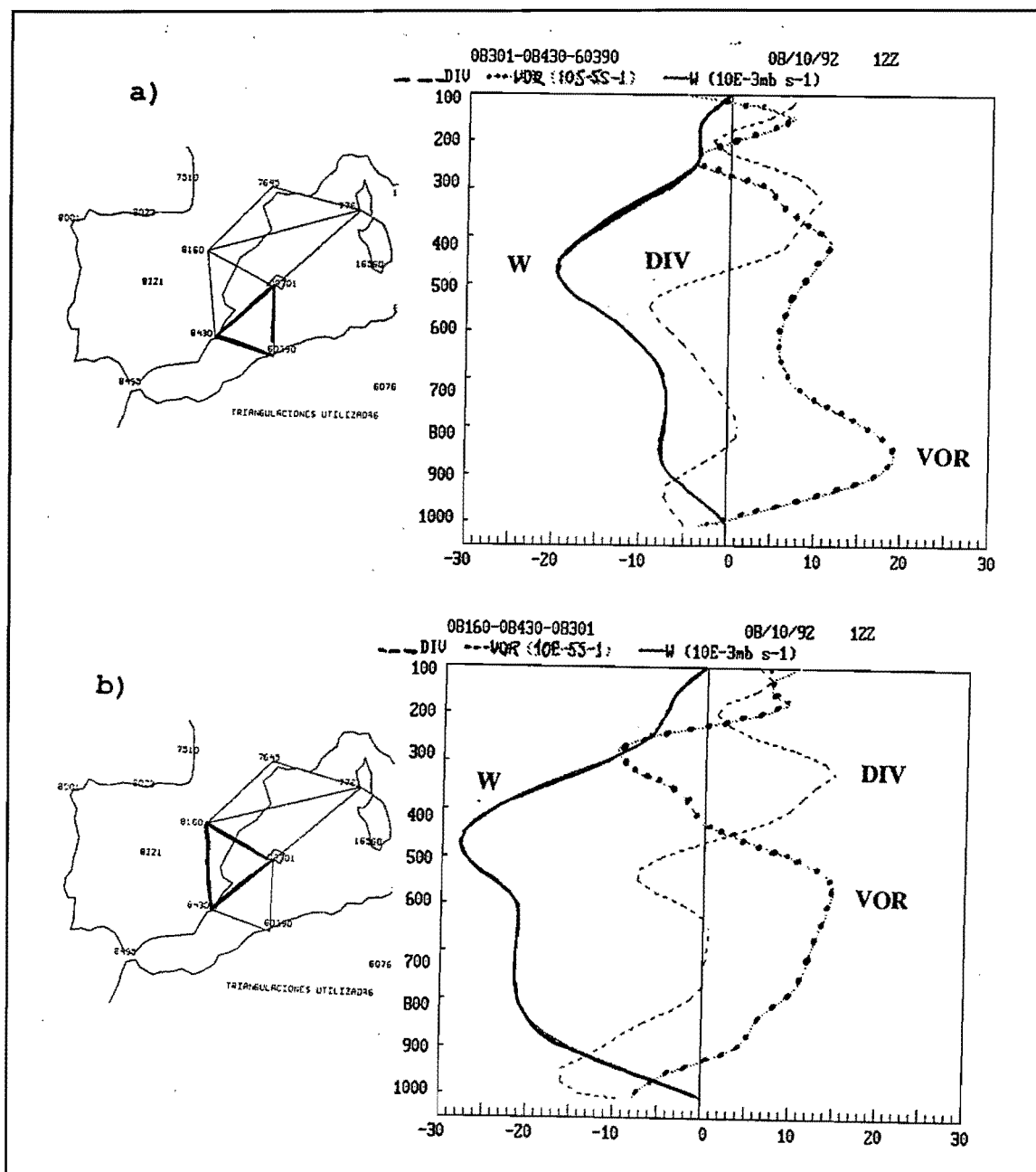


Fig 1.7.8. Idem que en el caso anterior pero con la triangulación: a) Palma-Murcia-Arzel. b) Zaragoza-Murcia-Palma a las 12z del día 8.

Las corrientes ascendentes ocupan toda la troposfera con un máximo en 500 mb y otro de vorticidad ciclónica un poco más abajo, 600 mb. La convergencia también ocupa un amplio estrato, desde niveles bajos a medios, por contra existe divergencia en niveles superiores.

El resto de los perfiles de los dos triángulos restantes se siguen caracterizando, sobre todo, por la existencia de una marcada vorticidad anticiclónica en niveles bajos.

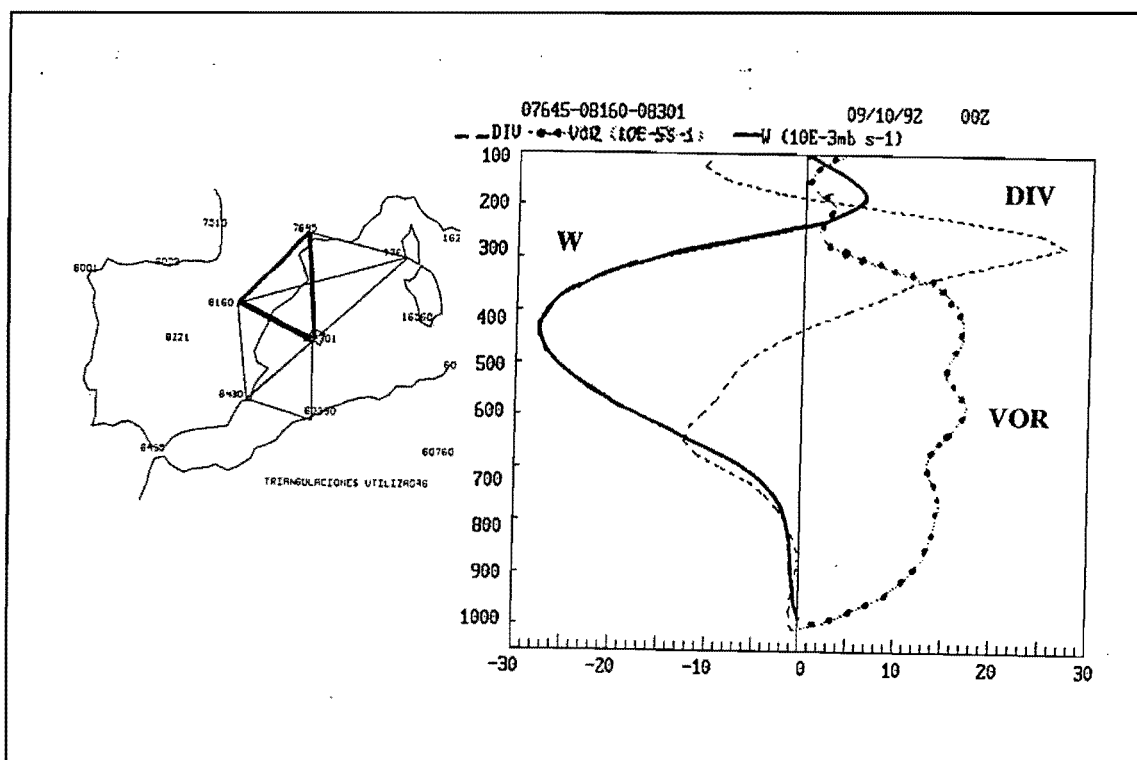


Fig 1.7.9. Idem que en el caso anterior pero a las 00z del día 9. Triangulación: Nimes-Zaragoza-Palma.

**Datos de las 00z del día 9.*

En estos momentos el SCM2 se encuentra frente a las costas de Cataluña con una amplia zona estratiforme que se adentra en dicha región, mientras que el resto de las zonas quedan fuera del área de influencia del SCM2. El triángulo Nimes-Zaragoza-Palma es el más significativo.

En sus perfiles verticales observamos, Fig 1.7.9., que la vorticidad pasa de ser anticiclónica a ciclónica y ha aumentado en toda la troposfera, sobre todo a partir de los 850 mb, además la velocidad vertical es positiva **en toda la troposfera media y alta con un máximo muy acusado en torno a los 500/400 mb**, mientras que la convergencia es máxima a los 650 mb y restringida a niveles medios, en zonas de mayor altitud aparece fuertemente divergente. Esto concuerda con el modelo conceptual de los SCM,s con una zona estratiforme bien desarrollada en niveles medios:

- * Vorticidad ciclónica en niveles medios
- *Convergencia, por la presencia de una mesobaja en niveles medios y divergencia en niveles altos.
- * Movimientos ascendentes centrados en niveles medios.

Además todo es consistente con lo que ocurre a nivel sinóptico y que esta queda reflejado en dicho perfil: la perturbación ciclónica se ha trasladado a latitudes más altas, los máximos de vorticidad en 850 mb desaparecen en las zonas del norte de Africa propagándose/trasladándose a las costas francesas y apareciendo en las primeras zonas movimientos descendentes en

niveles bajos.

El SCM2 desaparece antes de las 12 z del día 9 quedando tormentas aisladas en el sur de Francia, tanto en su zona marítima como en el interior.

Podemos hacer un resumen de los resultados obtenidos por el método de triangulación de Bellamy en los siguientes apartados:

*** Fase preinicial.**

Existencia de un máximo de vorticidad en 900-850 mb en la zona de formación de SCM1, y posteriormente en el SCM2, como consecuencia de la baja existente al Norte de Africa, mientras que el resto de las zonas presenta un máximo de vorticidad anticiclónica. No aparecen ascensos generalizados en la baja y media troposfera.

*** Fase de madurez.**

Sigue existiendo el máximo de vorticidad ciclónica en niveles bajos aunque se va propagando hacia alturas superiores. Comienzan a aparecer movimientos ascendentes tanto en niveles bajos y medios.

*** Fase previa a la disipación.**

La zona estratiforme del SCM2 es muy amplia y esto se refleja, en las cantidades obtenidas de la triangulación correspondiente, que las velocidades ascendentes afectan a niveles medios y altos. La convergencia se produce por debajo del máximo anterior y existe vorticidad ciclónica en todos los niveles con un máximo en niveles medios.

El método de Bellamy no se suele aplicar, en la actualidad, operativamente por las limitaciones comentadas al principio de este apartado (resolución temporal y espacial de los datos de sondeos, relación entre las áreas trianguladas y el fenómeno a estudiar, etc). Este hecho repercute en que no se pueda seguir y caracterizar el ciclo de vida completo del fenómeno a estudiar. De cualquier forma resulta ilustrativo y pedagógico cuando se adapta a un SCM que caiga en áreas donde se puedan realizar buenas triangulaciones mediante estaciones de radiosondeos.

INDICE

CAPÍTULO 2: ESTUDIO A PARTIR DE LAS IMÁGENES DE SATÉLITE.

2.1.- SISTEMA CONVECTIVO SCM1.	2.1
2.2.- SISTEMA CONVECTIVO SCM2.	2.4
CUADRO RESUMEN DEL CICLO DE VIDA.	2.7
Resumen de las imágenes IR de satélite: evolución de los dos sistemas convectivos.	2.8

Nota: Por comodidad se han repetido las imágenes IR, correspondiente a los apartados anteriores, en la Fig 2.9.

2.- ESTUDIO A PARTIR DE LAS IMAGENES DE SATELITE.

En este capítulo se describe la evolución de la situación a través de las imágenes de satélite. Puesto que el objeto de este estudio son los dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que surgieron en la madrugada del 8 de Octubre de 1992 y sus posteriores evoluciones e interacciones, el capítulo se va a dividir en dos partes, cada una correspondiente a un Sistema Convectivo. En cada una de ellas se describirá en primer lugar la evolución de los sistemas según lo que se observa, subjetivamente, en las imágenes de satélite. Posteriormente, se analizarán los resultados del tratamiento estadístico de los datos de satélite vía SAIDAS, al igual que se viene haciendo para la "Climatología de Sistemas Convectivos" durante estos últimos años (Riosalido, 1991; Canalejo et al., 1992 y 1993)

El primer sistema que se va a describir, al que llamaremos en lo sucesivo SCM1, fue el que surgió en segundo lugar como se verá en la descripción de las imágenes de satélite. Sin embargo, dado que tuvo un ciclo de vida corto ya que fue absorbido por el otro (SCM2), va a tratarse en primer lugar.

El estudio comparativo desde los puntos de vista de Satélite y Rayos se detalla en el apartado 4.2.3.

2.1.- SISTEMA CONVECTIVO SCM1.

En las primeras imágenes IR del día 8, Fig 2.9.a de las 03z, se observa como la perturbación principal, situada sobre el Golfo de Cádiz, esta formada por dos estructuras nubosas. La primera es una banda baroclina que partiendo del Atlas penetra por Andalucía Oriental y gira anticiclónicamente sobre el SE de Castilla y León. La segunda estructura nubosa es una vaguada secundaria, que procedía de latitudes más bajas y había sido previamente captada por la depresión del Golfo de Cádiz, siendo conducida al Mediterráneo Occidental. Esta última posee a una configuración que recuerda a una especie de oclusión (frente frío - frente cálido- oclusión, todo ello en altura) con nubosidad media - alta en forma de coma y una zona de giro anticiclónico.

El SCM1 surge embebido en la nubosidad asociada a la banda baroclina de la DANA, Fig 2.9.b de las 06z. Las primeras tormentas se aprecian a las 03z pero es a las 06z cuando adquiere estructura de SCM al fundirse dos núcleos convectivos de menor entidad, ambos en el área de Alborán (en principio se apreciaban tres pero uno de ellos, situado sobre la costa, evoluciona hacia el interior peninsular y pierde actividad). El primero de los núcleos mencionados aparece a las 03z y el otro a las 03:30z. A las 04z ambos núcleos presentan topes a $T \leq -52^{\circ}\text{C}$ y ya aparecen unidos por nubosidad más baja. A las 05:30z empiezan a fundirse y a las 06z el SCM1 presenta un núcleo frío con $T \leq -56^{\circ}\text{C}$ y adopta forma redondeada (Riosalido, 1991). Hasta las 06:30z la actividad del sistema iba en aumento.

En las horas siguientes el SCM1 evoluciona lentamente hacia el NE, mantiene su núcleo con la actividad estacionaria y la nubosidad estratiforme aumenta en extensión y se va introduciendo en la Península.

A las 08:30z aparece un pequeño núcleo con $T \leq -60^{\circ}\text{C}$ que se mantiene a las 09z hora en la

que el SCM en conjunto presenta un aumento en la actividad que se mantendrá hasta las 10:30z. A esta hora se observa una disminución de la actividad del núcleo del sistema. Durante este tiempo, el SCM1 se ha ido aproximando al SCM2 que permanecía estacionario y a las 11z ambos sistemas entran en contacto a través de un pequeño apéndice que éste último ha desarrollado por el S (Riosalido, 1991). Entre las 11:30z y las 13:30z, Fig 2.9.c de las 12z, el SCM1 va siendo absorbido lentamente por el SCM2 a través de esa zona de unión. El SCM1 mantiene su núcleo diferenciado con $T \leq -56^{\circ}\text{C}$, cada vez menos activo, hasta que a las 14z el núcleo frío del SCM2 lo ha absorbido completamente. En total la duración del SCM1 es de 10:30 horas.

Como habitualmente se viene haciendo en el tratamiento de los sistemas convectivos de mesoescala (Riosalido, 1990; Riosalido, 1991; Canalejo et al., 1992), se ha utilizado la capacidad interactiva del sistema SAIDAS para calcular una serie de parámetros extraídos de las imágenes IR semihorarias de forma objetiva. Estos parámetros son los siguientes:

- Posición (LAT/LON) del centro de los topos más fríos en las imágenes IR.
- Longitud (en Km) de los ejes mayor y menor del SCM.
- Áreas (en Km^2) cubiertas por nubosidad con cimas a temperaturas inferiores a ciertos umbrales entre -32 y -68°C con un intervalo de 4 grados.
- Temperatura mínima de las cimas y algunos parámetros estadísticos tales como media, moda, mediana y desviación típica.

Con la información extraída de estos parámetros (Canalejo *et al.*, 1994), se han confeccionado las gráficas que se muestran a continuación. En la figura 2.1 se ha representado la evolución temporal de las áreas cubiertas por cimas a las diferentes temperaturas anteriormente mencionadas. En ella puede verse que el SCM1 alcanzó su máxima extensión a las 11:30z, hora a la que cubría un área de 63.000 Km^2 . A esa hora su eje mayor medía 341 Km y el SCM tenía una excentricidad de 0.7, es decir, su forma era bastante redondeada. Por otro lado, también puede verse que no alcanzó topos muy fríos: la última curva representada corresponde al área cubierta por la isoterma de -56°C que, como se ve, es muy pequeña. Esto confirma lo que ya se vio al analizar subjetivamente las imágenes de satélite.

Si se asimila el área cubierta por la isoterma de -48°C al área convectiva del SCM (Canalejo *et al.*, 1993), se ve en la figura 2.1 que la curva correspondiente presenta el máximo a las 10:30z (27.000 Km^2); atendiendo a este valor, según la clasificación que se hace de los SCM (Riosalido, 1990), el SCM1 pertenece al Tipo II (área de $T \leq -48^{\circ}\text{C}$ comprendida entre 25.000 y 50.000 Km^2). En este momento el eje mayor del SCM medía 322 Km y el SCM tenía una excentricidad de 0.8, es decir, cuando la actividad convectiva era máxima, el SCM era más redondo. Esto está de acuerdo con el modelo conceptual que se tiene sobre el ciclo de vida de los SCM (Riosalido, 1991; Canalejo et al., 1993).

A partir de las medidas de la posición del núcleo del SCM1 cada media hora, se ha dibujado (figura 2.2) su trayectoria. En ella se ve que su desplazamiento, a grandes rasgos, era hacia el NE, según el flujo de niveles medios. Esto está de acuerdo con la idea que hasta ahora se tiene sobre el desplazamiento de los SCM (Riosalido, 1990; Riosalido, 1991; Canalejo et al., 1993). Asimismo encaja con las conclusiones extraídas del estudio realizado en el capítulo 1 donde además se vio que este movimiento se modula con la existencia de una zona de convergencia y una frontera en niveles bajos.

Las figuras 2.3 y 2.4 ayudan a determinar de una manera objetiva las fases del ciclo de vida del SCM (Zipser,1981; Canalejo et al., 1993). En la primera de ellas (Gráfica de áreas) se representa a trazos la evolución de lo que se considera el "área convectiva" (área cubierta por cimas a $T \leq -48^\circ\text{C}$) y en línea continua la evolución de lo que se considera "área estratiforme" (área total - área convectiva). A partir de esta gráfica se determina que el SCM1 entra en fase de desarrollo a las 04z y en fase de disipación a las 10:30z. Esto último confirma lo que se había visto subjetivamente como una disminución de la actividad del núcleo frío del SCM1.

A su vez, la gráfica mostrada en la figura 2.4 (Índice Convectivo) representa la relación del área convectiva respecto del total. A partir de ella se determina que el SCM1 entra en fase de madurez a las 10z.

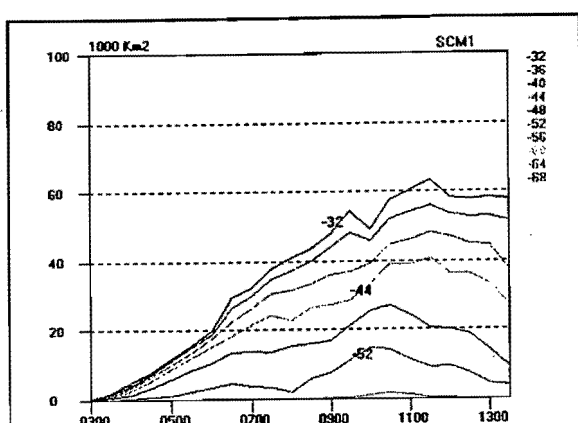


Figura 2.1.- Áreas bajo diferentes isotermas.

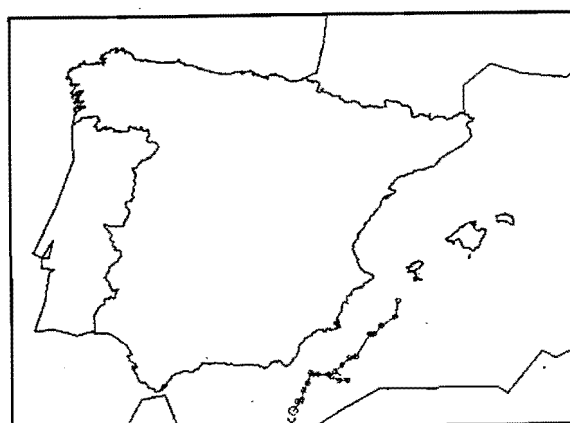


Figura 2.2.- Trayectoria.

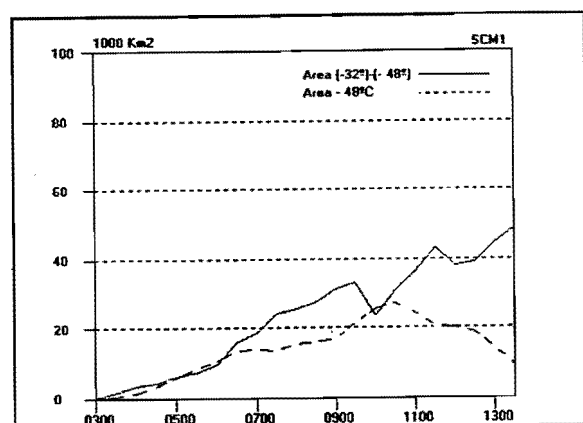


Figura 2.3.- Gráfica de áreas.

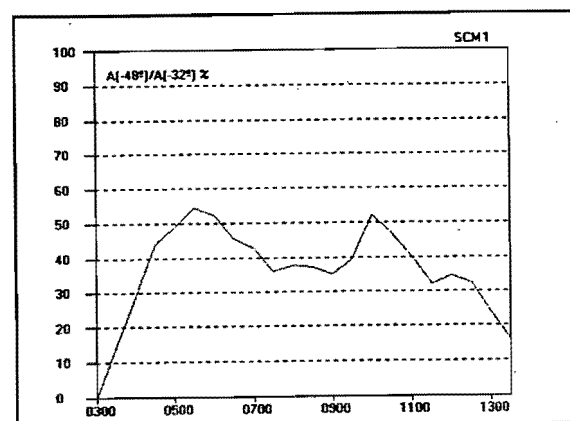


Figura 2.4.- Índice Convectivo.

2.2.- SISTEMA CONVECTIVO SCM2.

El SCM2 surge en el mismo entorno sinóptico que el SCM1 pero en la zona SW de la masa nubosa que se asociaría con la zona de la "pseudo-oclusión", Fig 2.9.a. Se aprecia actividad convectiva, no profunda y dispersa que, en principio, no tiene características de SCM pero posteriormente se producirá el crecimiento de un núcleo dominante que dará lugar al SCM2.

El estudio comienza a la 01:30z con el núcleo convectivo que, al crecer, da lugar al SCM2.

En él, dominan los topes con $T > -52^{\circ}\text{C}$ y algún punto aislado a temperatura menor. El núcleo se desplaza lentamente desde el Este de Palos hasta La Nao, y, al llegar aquí a las 04:30z, experimenta un crecimiento rápido apareciendo un núcleo a $T \leq -56^{\circ}\text{C}$, diferenciado y suficientemente extenso, que ya le confiere estructura de SCM.

A las 05:30z aparece un pequeño núcleo a $T \leq -60^{\circ}\text{C}$ que, intermitentemente, hasta las 07z se activa y decae. A las 07:30z parece insinuarse una reactivación al S del SCM2 que no prospera. A las 08:30z vuelve a aparecer un núcleo a $T \leq -60^{\circ}\text{C}$ que durará varias horas (a las 11z todavía se aprecia).

Durante este período el SCM2 permanece bastante estacionario y se le va aproximando el SCM1, que estaba situado al SW, hasta que a las 11z empiezan a entrar en contacto a través de un apéndice que el SCM2 desarrolla al S de su núcleo frío. Entre las 11:30z y las 14z el contacto entre los dos sistemas aumenta por esa zona, el SCM2 mantiene su núcleo con $T \leq -60^{\circ}\text{C}$ cada vez más cercano al SCM1. Hasta las 13:30z los núcleos se mantienen diferenciados y a las 14z el SCM2 absorbe completamente al SCM1, lo que provoca una ligera reactivación del sistema.

A partir de esta hora el sistema va evolucionando lentamente hacia el NE con actividad más o menos pulsante hasta las 16:30z en que vuelve a reactivarse (es a esta hora cuando presenta máxima actividad con topes a $T \leq -64^{\circ}\text{C}$ que decaen a -60°C a las 16:30z). Hasta las 18z la actividad se va manteniendo y a esta hora, Fig 2.9.d, se activa un pequeño núcleo al NW de Mallorca pero a las 18:30z la actividad decae y el SCM2 queda con un núcleo muy estirado. A esta hora parece que empiezan a formarse una hendidura y un gancho en el borde sur del sistema (costa NW de Mallorca). Además en esta imagen, y en las sucesivas, se aprecia cómo la nubosidad estratiforme ligada al SCM2 (que cubre un área grande sobre el interior peninsular) adquiere un giro ciclónico.

A las 19z el núcleo frío ($T \leq -60^{\circ}\text{C}$) se parte en dos trozos y a las 19:30z el sistema sufre una reactivación con topes a $T \leq -64^{\circ}\text{C}$; los dos núcleos activos están al N y NE de Mallorca y continúa observándose la hendidura de acuerdo con el modelo de evolución observado en los SCM (Riosalido, 1991, Martín F. et al. 1992)).

En las horas siguientes continúa prosperando esta hendidura (que a las 20z presenta un gancho bien visible) y el núcleo ocupa una amplia zona con varios puntos de actividad pulsante, es decir, a las 19:30z se reactiva el núcleo al NE de Mallorca, a las 20z decae y los dos núcleos son igual de activos, a las 20:30z se reactiva el otro núcleo, que se ha desplazado hacia el NW, a la vez que la nubosidad estratiforme del gancho empieza a desprenderse, a las 21z decaen ambos a la vez que empieza a desarrollarse un apéndice en el borde S del SCM.

A partir de las 21:30z el sistema en conjunto empieza a perder actividad paulatinamente, sin embargo, considerando cada una de sus partes activas por separado (a partir sólo de la observación de las imágenes) se pueden hacer varias distinciones: a las 21:30z se reactiva ligeramente el núcleo de Menorca y también aumenta la actividad en el apéndice al S; a las 22z los núcleos más viejos decaen mientras el del S se reactiva; a las 22:30z tanto éste como el de Menorca se reactivan y a las 23z vuelve a decaer éste y se reactiva el núcleo al S que presenta topes a $T \leq -60^{\circ}\text{C}$.

Durante este periodo, Fig 2.9.e, el SCM2 en conjunto parece presentar una trayectoria NW y poco a poco penetra en la Península de modo que la nubosidad que lleva asociada afecta al N de Cataluña y se extiende sobre el Pirineo y Valle del Ebro hasta el País Vasco y Golfo de Vizcaya (sin embargo esta nubosidad nada tiene que ver con la asociada al sistema convectivo por su aspecto y estructura).

A las 01:30z del 9 de Octubre el sistema ha evolucionado y presenta un único núcleo con topes a $T \leq -56^{\circ}\text{C}$ que ya está entrando en tierra por el N de Cataluña. A esta hora el SCM2 presenta una disminución brusca de la actividad y vuelve a apreciarse la presencia de una nueva hendidura que parece seguir en las imágenes posteriores pero sin una estructura tan clara como la que tenía la tarde anterior.

A las 02z el sistema vuelve a sufrir una ligera reactivación y a partir de esa hora el sistema sigue evolucionando hacia el NW con cierta tendencia a girar ciclónicamente pero su núcleo frío no acaba de entrar en tierra y queda bastante estacionario en el Golfo de León. A las 03z el núcleo frío se parte en dos: una parte (más activa) quedará estacionaria y la otra (más occidental) se moverá hacia el W sobre el Pirineo a la vez que pierde actividad rápidamente, de modo que a las 05z se considera que ésta última deja de formar parte del SCM2.

A partir de las 04:30z la actividad del SCM2 disminuye definitivamente: el núcleo mantiene $T \leq -56^{\circ}\text{C}$ hasta las 06z pero cada vez es más pequeño y menos compacto. Posteriormente "se calienta" rápidamente y a las 07z entra definitivamente en tierra. El estudio termina a las 07:30z, hora en la que aún hay señal de lo que fue el SCM pero ya sin actividad convectiva.

Del análisis realizado a partir de los parámetros medidos en SAIDAS se puede extraer la información que se detalla a continuación con las correspondientes figuras:

En primer lugar, en la figura 2.5 se representa la evolución temporal de las áreas cubiertas por cimas a diferentes temperaturas. En ella se ve que el SCM2 alcanzó su máxima extensión a las 14z (154.000 Km^2) justo después de haber absorbido al SCM1. A esa hora, su eje mayor llegó a medir 501 Km y el sistema presentaba una excentricidad de 0.8, luego era muy redondeado. Al igual que el SCM1, este sistema no llegó a alcanzar topes muy fríos; de hecho el área cubierta por cimas a temperaturas inferiores a -56°C es pequeña y no aparece curva correspondiente a $T \leq -60^{\circ}\text{C}$. Esto concuerda con lo que ya se vio en el examen subjetivo de las imágenes de satélite en las que, cuando aparecían pixels a esta temperatura, éstos eran pocos, no los suficientes para formar un núcleo compacto y duradero. En lo que respecta al "área convectiva", la curva correspondiente a la isoterma de -48°C en la figura 2.5 también presenta su máximo a las 14z (48.000 Km^2). Atendiendo a este valor (Riosalido, 1990), el SCM2 pertenece también al Tipo II (área de $T \leq -48^{\circ}\text{C}$ comprendida entre 25.000 y 50.000 Km^2).

En la figura 2.6 se representa la trayectoria seguida por el SCM2 a partir de la posición del centro del núcleo frío cada media hora. En general su trayectoria es del NNE. Destaca la anomalía que presenta esta trayectoria al N de Baleares. Esta es debida, como se explica anteriormente, a la actividad pulsante que presenta el núcleo frío del SCM2 entre las 20:00z y las 22:30z del 8 de Octubre.

Para terminar, de las figuras 2.7 y 2.8 se deduce que el SCM2 entra en fase de desarrollo a

las 04z y en fase de disipación a las 21:30z, ambas del 8 de Octubre, cuando el "área convectiva" disminuye frente al crecimiento del "área estratiforme". La fase de madurez es difícil de determinar ya que, como se ve en la figura 2.8, aparecen muchos máximos debidos a las múltiples interacciones y reactivaciones que sufre el sistema.

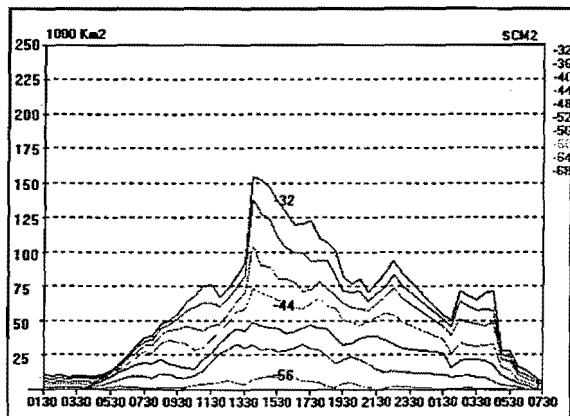


Figura 2.5.- Áreas bajo diferentes isotermas.

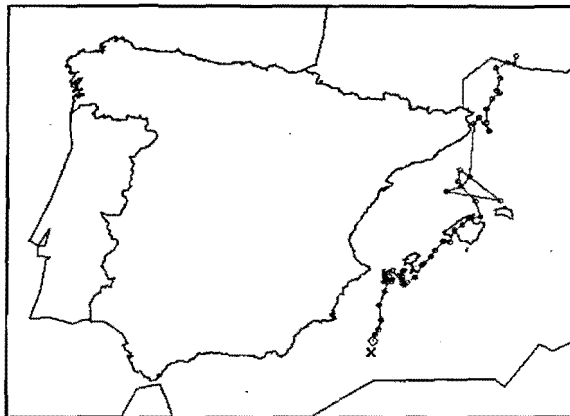


Figura 2.6.- Trayectoria.

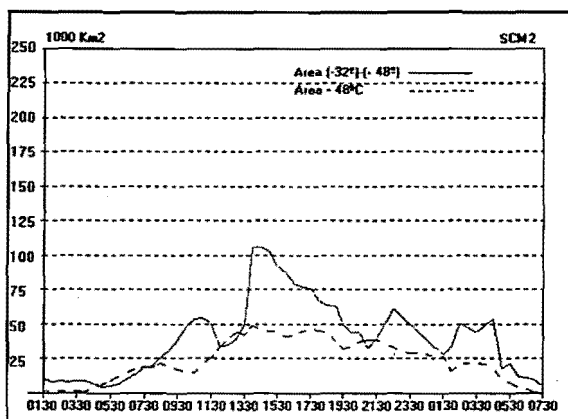


Figura 2.7.- Gráfica de áreas.

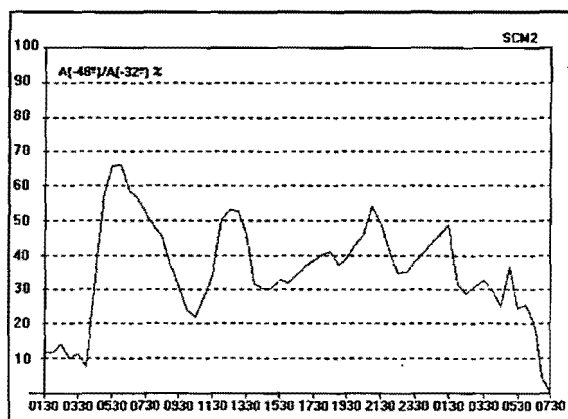
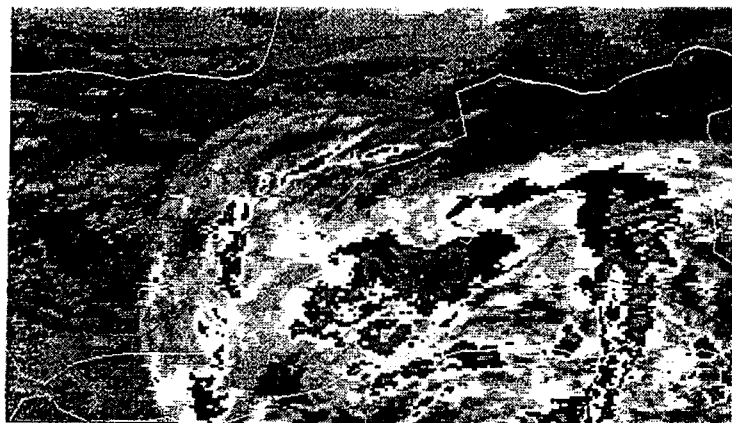


Figura 2.8.- Índice Convectivo.

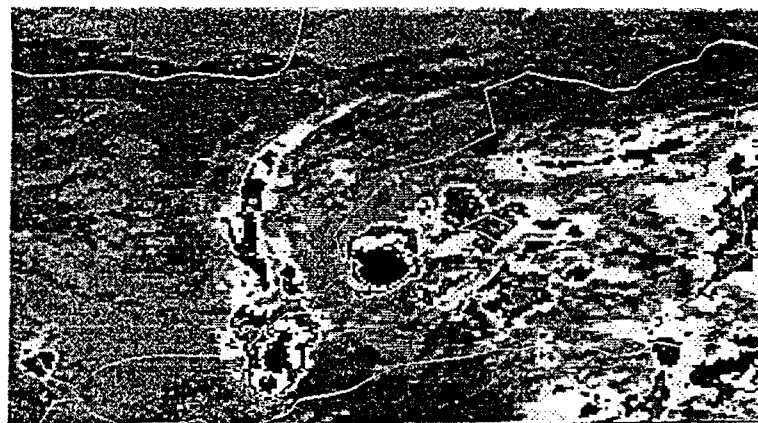
En la página siguiente se presenta un Cuadro Resumen de lo más importante ocurrido durante el ciclo de vida de los dos sistemas convectivos objeto de este estudio.

CUADRO RESUMEN DEL CICLO DE VIDA.

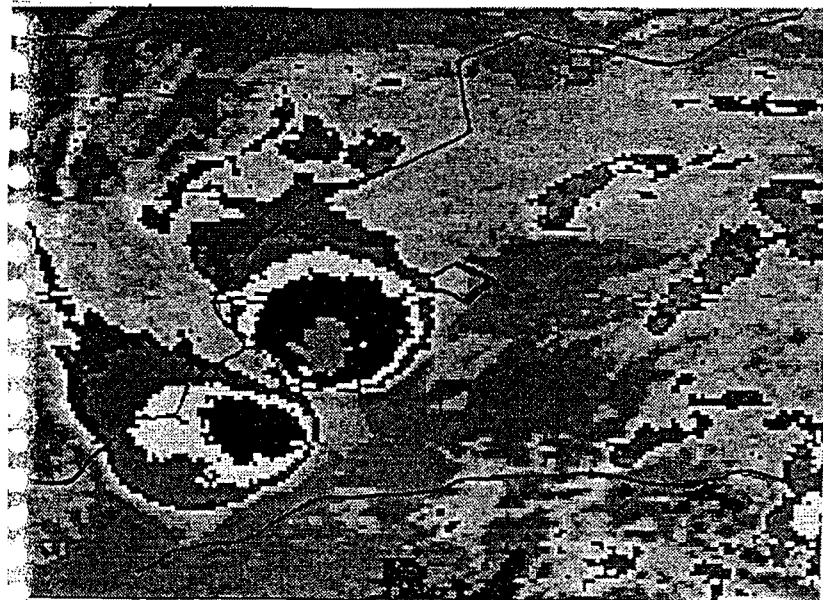
SCM →	SCM1	SCM2
PRIMERAS TORMENT.	03z	01:30z
ENTORNO SINÓPTICO	Zona baroclina	Onda en altura
ORIGEN	Marítimo / Fusión de dos núcleos convectivos	Marítimo / Núcleo dominante en área convectiva
DESARR.	04z	04z
MÁX. EXT. (Km²)	11:30z (63.000)	14z (154.000)
MADUREZ	10z	
DISIPACIÓN	10:30z 13:30z absorbido por SCM2	21:30z Fraccionamiento
DESPLAZ. MEDIO	NE	NNE
DURACIÓN	10:30 horas	30:00 horas
TIPO	II	II
ZONA AFECTADA	Alborán / Mediterráneo	Mediterráneo / Baleares / Golfo de León



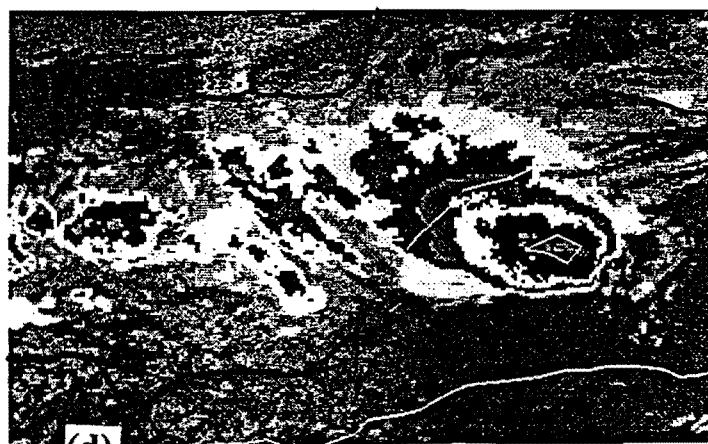
(a)



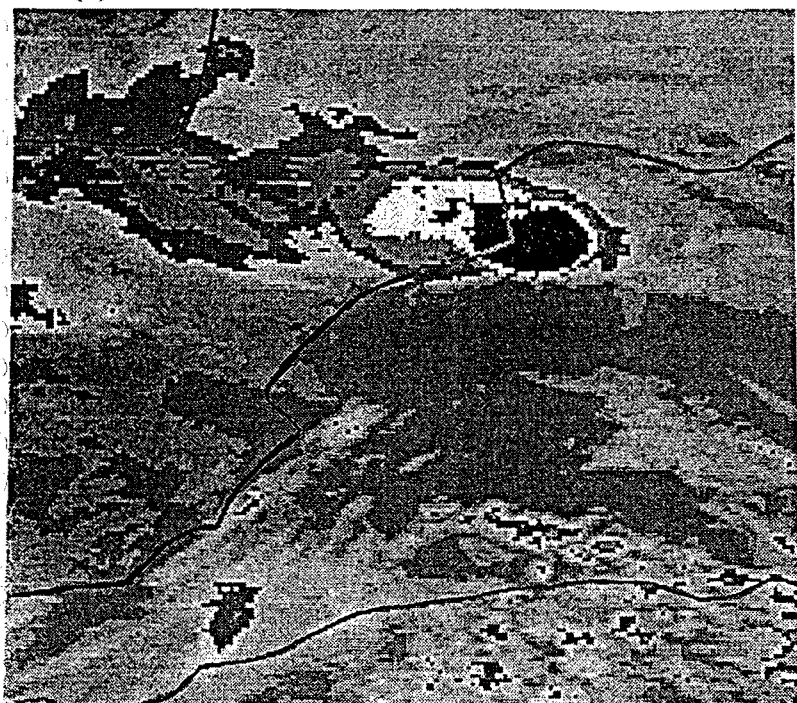
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fig.2.9 Resumen de las imágenes IR de satélite: evolución de los dos sistemas convectivos. a) 8/OCT/92 a las 03z; b) 8/OCT/92 a las 06z; c) 8/OCT/92 a las 12z; d) 8/OCT/92 a las 18z; e) 9/OCT/92 a las 00z; f) 9/OCT/92 a las 03z.

INDICE

CAPÍTULO 3 : IMÁGENES RADAR.

3.1.- INTRODUCCIÓN.	3.1
3.1.1.- Objetivos y medios.	3.1
3.1.2.- Algunas consideraciones sobre las imágenes compuestas radar.	3.1
Intensidad de precipitación: CAPPI 2.5 Km.	3.1
Usos	3.1
Limitaciones	3.2
Echotop.	3.2
Usos	3.2
Limitaciones	3.2
3.2.- PRIMERA PARTE: ANÁLISIS SUBJETIVO DE LA EVOLUCIÓN OBSERVADA.	3.2
3.2.1.- Consideraciones previas.	3.2
3.2.2.- Evolución observada mediante las imágenes de radar.	3.3
3.3.-SEGUNDA PARTE: ESTUDIO OBJETIVO DE LOS SCM,s.	3.9
Limitaciones surgidas al intentar aplicar el tratamiento objetivo	3.9
Evolución temporal de las áreas de intensidad de precipitación convectivas.	3.11
3.4.- FUTURAS ACCIONES.	3.12
3.4.1.- Con respecto al estudio de los SCM.	3.12
3.4.2.- Con respecto a la Vigilancia Meteorológica.	3.12

ANEXO I

AI.1.- OBJETIVO.	3.13
AI.2.- ANÁLISIS DE LAS CAUSAS.	3.13
AI.2.1.- CAPPI compuesto.	3.13
AI.2.2.- Echotop compuesto.	3.14
AI.3.- DÓNDE SE PRODUCE EL "CORTE" OBSERVADO.	3.15
Coberturas de los radares de Valencia y Barcelona: CAPPI 2,5 Km	
s.n.m.	3.15
Trayectoria de la exploración más baja (en Octubre de 1992) de los	
radares indicados.	3.16

3.- IMÁGENES RADAR.

3.1.- INTRODUCCIÓN.

3.1.1.- Objetivos y medios.

El objetivo de este Capítulo es caracterizar el ciclo de vida del SCM a través de la información proporcionada por el radar. Esta caracterización incluye dos fases: una primera, cualitativa y subjetiva, consistente en la descripción de la evolución de los ecos observados en el radar, con el fin de ir constatando los diferentes modelos conceptuales, propuestos principalmente por los americanos; una segunda fase pretende aplicar un tratamiento objetivo y estadístico a los datos radar.

No se ha dispuesto de los datos originales del radar de Valencia, por lo que el seguimiento se ha llevado a cabo con las imágenes SIRAM ingestadas en SAIDAS. Ello nos ha limitado el tipo de imágenes a utilizar: intensidad de precipitación (compuesta); echotop (compuesto). Antes de centrarnos en el caso que nos ocupa, vamos a hacer algunas consideraciones, con respecto a los productos disponibles para este caso, que pueden contribuir a una correcta interpretación de los mismos. Para una información más general acerca de la interpretación de las imágenes compuestas radar, consultar el *Manual de Interpretación Radar* (Martín, F. y de Esteban, L. en proceso de elaboración).

3.1.2.- Algunas consideraciones sobre las imágenes compuestas radar.

En las zonas de solapamiento de la cobertura de dos o más radares, existen diferentes opciones a la hora de considerar el dato de uno o del otro radar: el más intenso o el más cercano. En la época en que se produjeron los dos SCM,s en estudio, la opción operativa era el más cercano (*NEAREST* en las imágenes en SIRAM)), lo que, junto con otros inconvenientes (ver Anexo I), hacía que una estructura meteorológica vista en la composición nacional pudiera presentar un drástico corte, cuando estaba en la zona de cobertura común de dos o más radares.

La resolución de las imágenes compuestas radar que nos proporciona el sistema SIRAM y SAIDAS es de (4×4) Km². La relación Z/R, empleada en estas fechas, para la composición nacional del CAPPI a 2.5 Km era la de Marshall-Palmer ($Z=200R^{1.6}$).

Intensidad de precipitación: CAPPI 2.5 Km.

Usos:

- Nos permite analizar las estructuras precipitantes que lleguen o den señal en dicho nivel.
- Resulta muy útil cuando se quieren realizar secuencias de imágenes, siempre y cuando el núcleo a seguir se mantenga siempre en el mismo nivel. El CAPPI utilizado, para la composición nacional, es el CAPPI1 regional (2.5 km sobre el nivel del mar, s.n.m. desde ahora), que en general esta complementado por el PPI bajo a partir de una cierta

distancia, por lo que no se mantiene esta altitud constante en toda la cobertura de cada radar, encontrándose los ecos más alejados a mayores alturas.

Limitaciones:

- en las zonas de superposición de dos radares, aparecen algunos inconvenientes, con vistas a la vigilancia, y especialmente si el CAPPI elegido para la Composición Nacional es bajo:
 - + los CAPPIs bajos pueden estar contaminados con ecos fijos cercanos al radar y lóbulos laterales, sobre todo los de banda S.
 - + no se mantiene la altitud constante nominal del CAPPI en toda la cobertura de cada radar, siendo completada la imagen con el PPI correspondiente, con todos los inconvenientes que ello acarrea.

Ver Anexo I para mayor detalle.

Echotop.

Usos:

- producto básico de vigilancia, sobre todo para situaciones convectivas (frontales o no), ya que nos indica el nivel de desarrollo e intensidad de las células más activas: células con topes de ecos muy elevados rodeadas por valores inferiores o más bajos.
- el echotop visualizado en el sistema regional nos da alturas referenciadas al nivel del radar. En la imagen compuesta nacional, visualizamos altitudes, referenciadas al nivel del mar.

Limitaciones:

- tenga en cuenta que las alturas dadas por los echotops difieren de las alturas de los topes nubosos obtenidos por otros medios (imagen IR, algoritmos CTH, etc). Esto en si no es una limitación propiamente dicha.
- en muchas ocasiones, y en el caso de estudio que nos ocupa en concreto, hemos observado que el echotop presentaba una distribución espacial, de los distintos valores, en coronas circulares uniformes, estructura no justificable meteorológicamente. Son, posiblemente, efectos introducidos a la hora de visualizar la información como consecuencia de la difluencia del haz, tácticas de exploración de cada radar, procesos de interpolación, etc. Se observan sobre todo en estructuras situadas a gran distancia del radar y son más acusado en los radares de banda S.

3.2.- PRIMERA PARTE: ANÁLISIS SUBJETIVO DE LA EVOLUCIÓN OBSERVADA.

3.2.1.- Consideraciones previas.

- el radar de Valencia fue el más útil para este caso. El que se ha llamado SCM1 apenas se pudo seguir, ya que gran parte de su ciclo de vida transcurrió dentro de la cobertura del radar de Murcia, con el que no se pudo apreciar su evolución. Por ello, nos centraremos

en la estructura del SCM2, que es el que mejor apreció el radar de Valencia y, posteriormente, el de Barcelona.

- los radares de Murcia y de Barcelona parecen que "cortaban" las estructuras meteorológicas observada por el radar de Valencia (ver Anexo I).
- se da la favorable circunstancia de que los SCM detectados se encuentran, en gran parte, sobre el mar, con lo que (en la mayoría de las imágenes, aunque no en todas) nos evitamos el tener que discernir si los ecos son meteorológicos o no.
- falta de continuidad temporal de las imágenes SIRAM ingestadas en SAIDAS: no estaban disponibles todas las imágenes compuestas cada 10 min., y, en las imágenes compuestas disponibles, no siempre aparecía el radar adecuado. Por ello, el seguimiento del SCM ha quedado reducido a un intervalo de tiempo más corto de lo que sería deseable.
- para poder comparar las imágenes radar con las de satélite, hubiera sido deseable tener imágenes compuestas radar HH:20 y HH:50, no siempre posible, por lo que el seguimiento temporal del SCM complementados con datos de satélite no se ha podido llevar a cabo.
- la continuidad temporal de los datos de rayos sí ha hecho posible una cierta comparación (ver Cap. 4.2.3.).

Para la realización de esta primera parte del trabajo, se ha utilizado sólo la imagen de Intensidad de Precipitación Compuesta Radar, debido a que los echotops presentaban estructuras circulares no meteorológicas (limitación ya comentada anteriormente).

Para diferenciar la zona convectiva de la zona estratiforme en este tipo de imágenes, se ha adoptado un criterio subjetivo, susceptible, por tanto, de una mejor delimitación: *Se puede asociar el carácter convectivo a las zonas que presentan núcleos con valores de intensidad de precipitación superiores a 15 mm/hr (color amarillo del realce 64 -RADARREG- del Terminal 5 del SAIDAS) y con un fuerte gradiente de colores.* Se han observado diferencias notables, con respecto a los valores de intensidad de precipitación, en las zonas de solapamiento de dos radares a la hora de visualizar una estructura meteorológica situada en ellas (ver Anexo I), por lo que conviene puntualizar que este umbral se ha establecido a partir de la visualización de las imágenes del radar de Valencia.

3.2.2.- Evolución observada mediante las imágenes de radar. (Fig. 3.2.1)

Aunque hemos trabajado directamente con las imágenes digitales SIRAM ingestadas en el SAIDAS, decidimos adjuntar las copias de estas imágenes enviadas por el GPV de Baleares, Nota Técnica Previmet-92, ya que presentan una evolución muy bien resumida del ciclo de vida del SCM2, tal y como se verían en tiempo real.

A las 07:10z, el radar de Murcia nos presenta el SCM1 y el de Valencia el SCM2. Sólo en este último se aprecian claramente varias zonas con los ecos más realzados, correspondientes a la convección de la primera fase del SCM2.

En la imagen de 08z, el SCM2 presenta núcleos convectivos en toda su extensión, pero los de valores y gradientes más altos se encuentran situados al sur. El SCM1, visto por Murcia, muestra unos valores de intensidad de precipitación muy bajos, con un núcleo, al sur, con características de convectivo pero que no alcanza el valor umbral establecido subjetivamente (ver 3.1.1).

En la imagen de 11:30z, se visualiza la estructura correspondiente al SCM2, pudiendo apreciarse, al sur del radar de Valencia y muy alejado de él, los ecos correspondientes al SCM1. Centrándonos en el SCM2, se observan los ecos más fuertes **organizados en forma de arco** ("bow echo"; Fujita, 1978), pudiendo distinguir, a estas horas, tres núcleos diferenciados. La zona estratiforme presenta un área central más desarrollada con algunos pixels de hasta 15 mm/hr pero con gradientes pequeños. Se observa también un apéndice en la parte sur del SCM2, cercano a los ecos del SCM1 pero con una clara separación entre ambos.

Entre las 11:30 z y las 12:10z, de los tres núcleos diferenciados dentro de la zona convectiva del SCM2, el núcleo situado más al sur se disipa en tanto que los otros dos avanzan ligeramente hacia el este por encima de las Pitiusas, juntándose poco a poco y apareciendo como un solo núcleo en la imagen de las 12:40z. En la imagen de 11:40z, el apéndice surgido al sur del SCM2 comienza a interaccionar con el SCM1, apreciándose una clara conexión entre los dos SCM, a este nivel, en la imagen de 12:10z.

Entre 12:10z y 12:40z, surge un nuevo núcleo convectivo, pequeño, con valores altos de intensidad de precipitación, bastante alejado del radar, al sur de la estructura en forma de arco de los otros núcleos convectivos pero perteneciente al SCM2 y con un ciclo de vida muy corto.

A las 13:10z, lo primero que llama la atención es el **"corte" de valores que se produce al componer el radar de Murcia y el de Valencia** sobre el SCM1, no pudiendo apreciarse en él ninguna estructura. Por otro lado, la zona convectiva del SCM2 continúa su desplazamiento hacia el este, muy lentamente; la zona estratiforme adquiere mayor extensión pero presenta valores más bajos de intensidad de precipitación. La conexión entre los dos SCM es cada vez mayor a este nivel.

La figura de las 14:40z está cortada en la secuencia presentada aquí. No obstante, visualizándola entera no se aprecia una discontinuidad tan acusada entre los datos proporcionados por el radar de Valencia y el de Murcia debido a que los sistemas están ya prácticamente enteros dentro de la cobertura de Valencia, pero sigue existiendo en la parte SW de la estructura. El radar nos muestra las zonas de precipitación estratiforme de cada uno de los SCM como separadas (las imágenes IR de satélite nos las presentan ya fundidas; los datos de rayos también nos las muestran separadas); en cada una de ellas, existe un núcleo con valores destacados (15 mm/hr) pero con gradientes bajos. El núcleo convectivo del SCM2 se reaviva, aumentando en extensión los valores más elevados (15-20 mm/hr). Surge un núcleo convectivo en el SCM1, pequeño y con un corto ciclo de vida. La interacción entre ambos SCM afecta ya a una gran longitud de la línea de unión. Nótese el nuevo "corte" que se introduce en la zona estratiforme del SCM2 como consecuencia de la composición con el radar de Barcelona: se observa una línea bien definida a partir de la cual, hacia su vertiente NE, los valores de intensidad de precipitación decaen significativamente.

Los ecos convectivos se siguen organizados en línea levemente arqueada y prosiguen con esta organización su desplazamiento. De acuerdo con la clasificación en seis categorías de los desarrollos convectivos visualizados con el radar hecha por Bluestein y Parker (1992), podríamos clasificarla por ello de *línea de turbonada* ("squall line"). Sin embargo, con la imagen IR y las definiciones dadas por Maddox (1980) hay que calificarlo de SCM por la excentricidad que presentan los toques nubosos. Éste es el primer caso de estudio en el que hemos podido observar la estructura interna de uno de nuestros SCM, lo que no implica que todos los SCM presenten esta misma estructura interna.

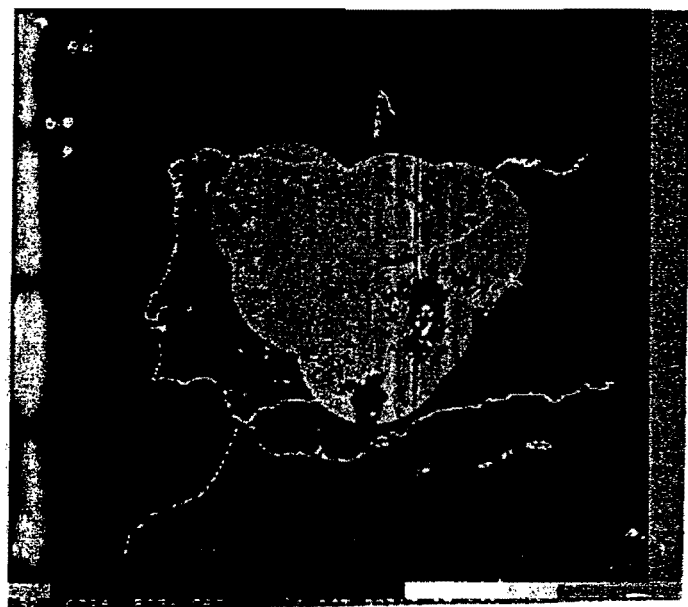
En la imagen de 15:10z, las posibles zonas de precipitación estratiforme de ambos SCM están prácticamente unidas y siguen presentando una región de valores un poco más realzados, no sobrepasando los 15 mm/h. Se pueden distinguir dos zonas de núcleos convectivos, una perteneciente al SCM2 y otro a los restos del SCM1; ambas presentan una organización en línea orientada de NW a SE, y se ubican en la parte sur de la estructura, a derecha y a izquierda de la línea de unión de los dos sistemas

Entre las 15:10z y las 16:40z, el arco de ecos convectivos del SCM2 se desplaza hacia el norte y se reorienta de W a E, afectando con mayor intensidad a la Sierra de Tramontana y al NE de Mallorca, probablemente debido a la orografía del terreno. Obsérvese la disminución que sufren las intensidades de precipitación de la estructura convectiva cuando pasa de ser visualizada con el radar de Valencia a ser detectada por el de Barcelona

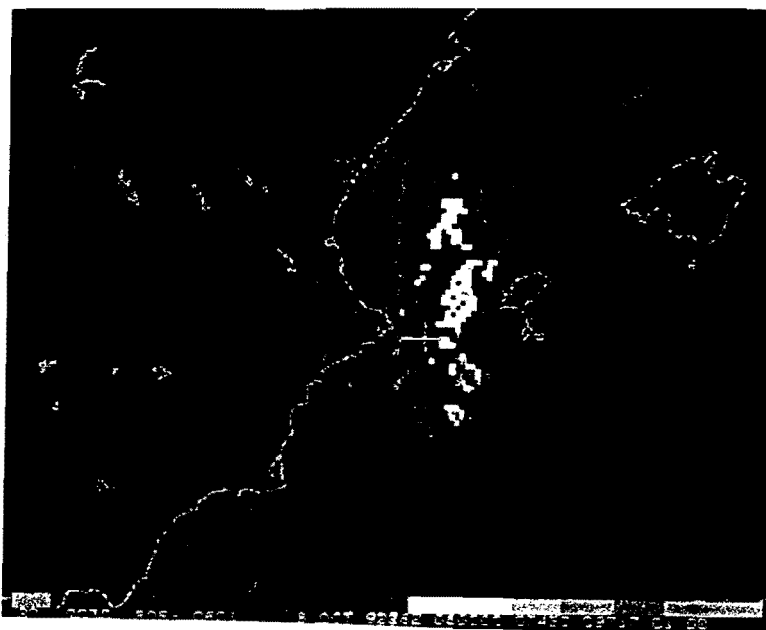
En la imagen de 19:30z, se aprecia claramente el desplazamiento hacia el norte de la línea de ecos y la **aparición de una célula convectiva muy activa** en su flanco sur, con un movimiento independiente y anómalo, respecto al general, dirigiéndose hacia Menorca, lo que nos puede dar una idea de posibilidad de ocurrencia de fenómenos más significativos (conclusión fruto de observación subjetiva: desplazamientos anómalos de estructuras convectivas activas respecto al general). En posteriores imágenes, se reactiva y continúa su avance hacia el W de Menorca, donde produjo precipitaciones poco cuantiosas pero efectos severos (tornado al E de Ciudadela y Ferrerías).

El SCM2 prosigue su desplazamiento hacia el N, situándose en el Golfo de León. A partir de la imagen de 20:20z, se observa nítidamente la estructura en gancho o con hendidura en la zona estratiforme (Riosalido R., 1990; Martín F., de Esteban L. y Riosalido R., 1992), característica que se insinúa ya en imágenes anteriores, a partir de las 19:30z.

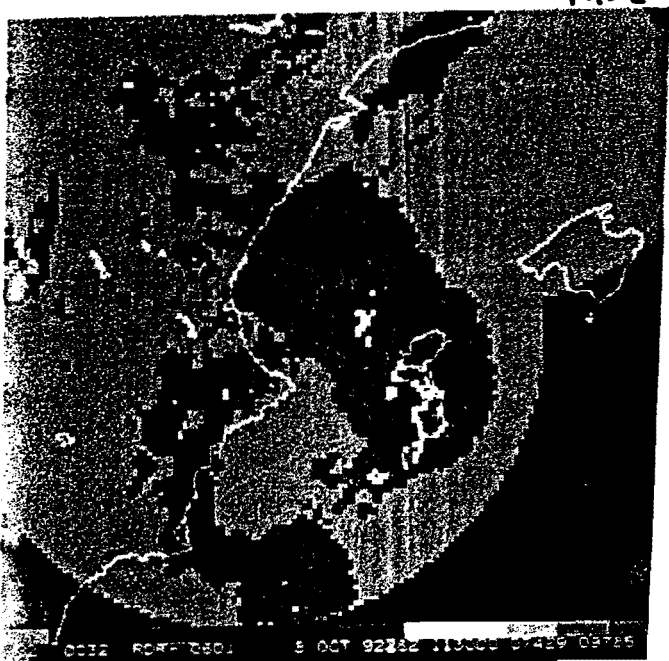
De acuerdo con las imágenes de satélite, un apéndice (observado a las 21z) al sur del SCM2 y que apunta hacia Mallorca, se reavivará posteriormente; en las imágenes de radar entre 20:50z y 22:30z, esta evolución sólo se insinúa, tal vez debido a que el nivel de observación que nos ofrece la imagen compuesta no sea el adecuado para observarlo.



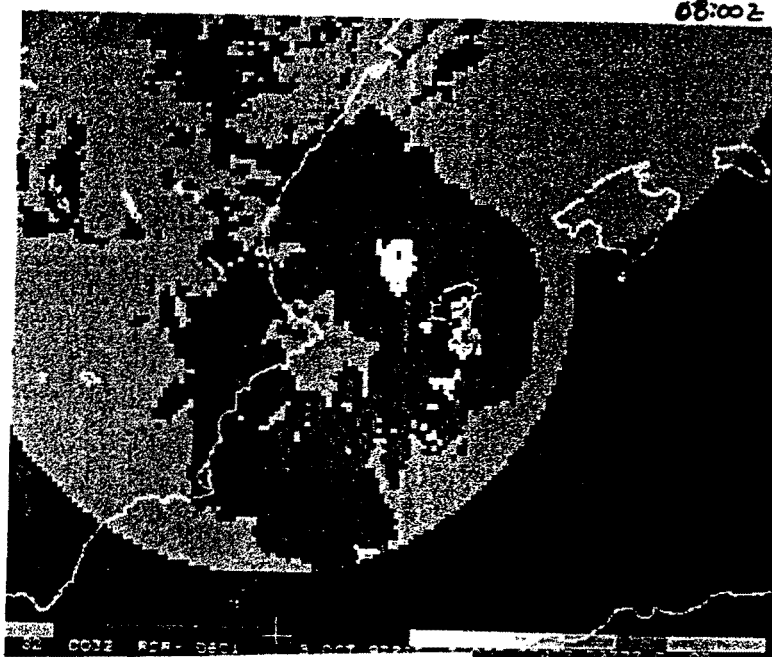
07:10z



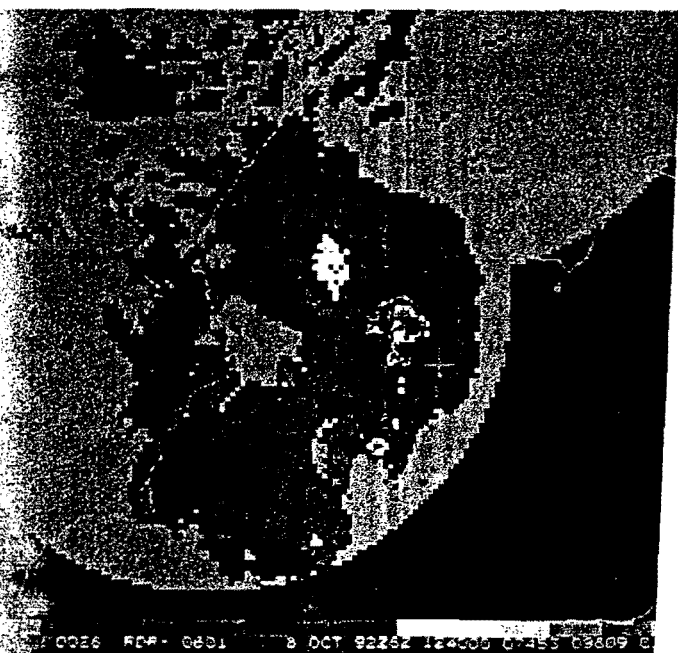
08:00z



11:30z



12:10z

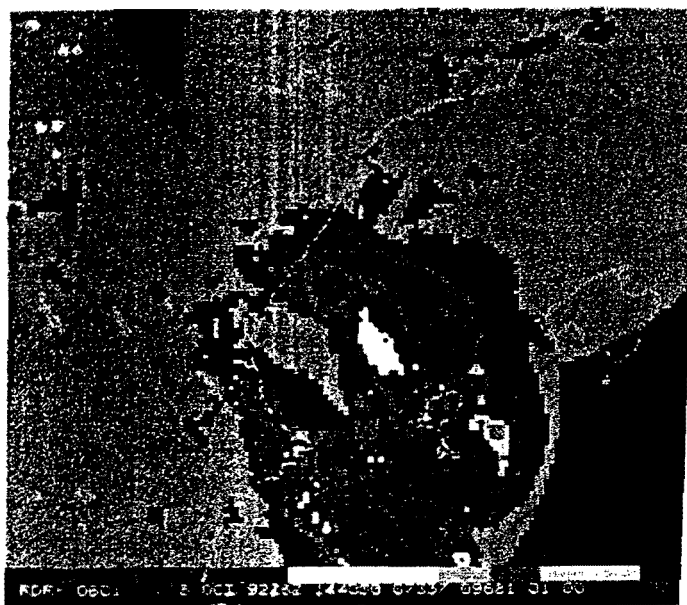


12:40z

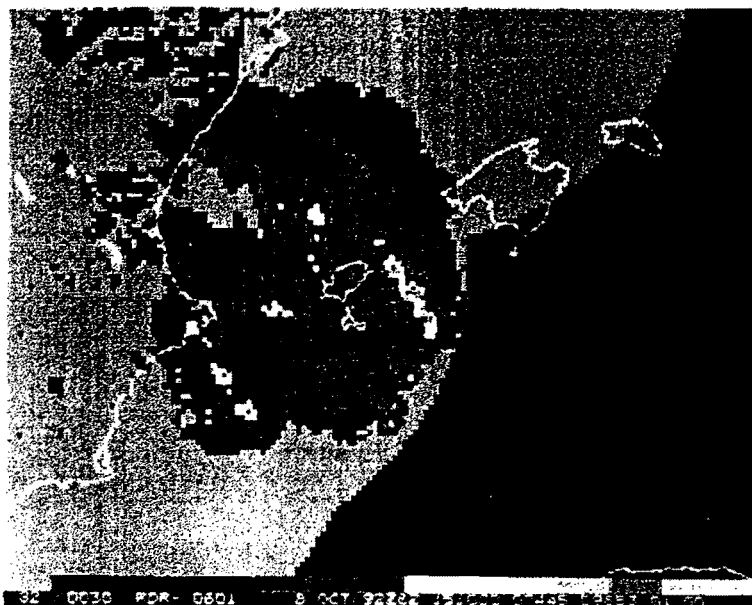


13:10z

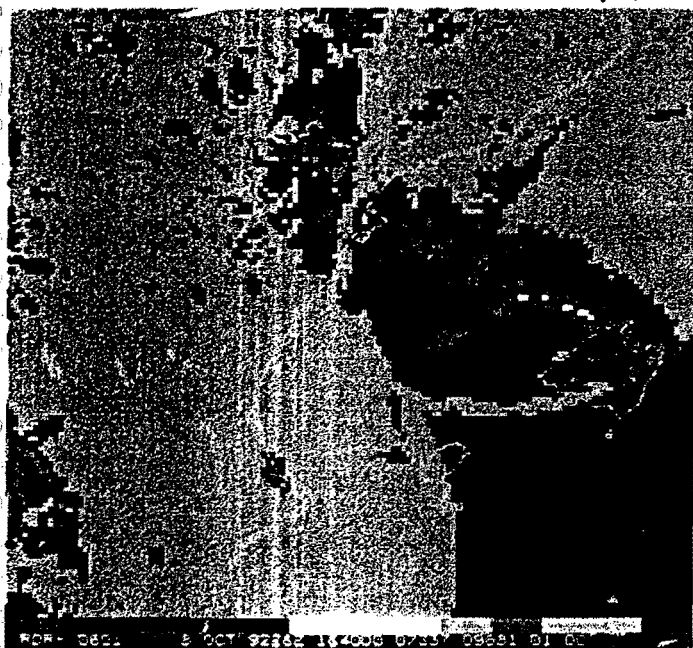
Fig. 3.2.1: Imágenes compuestas radar del 8 de Octubre de 1992, desde las 07:10z hasta las 13:10z.



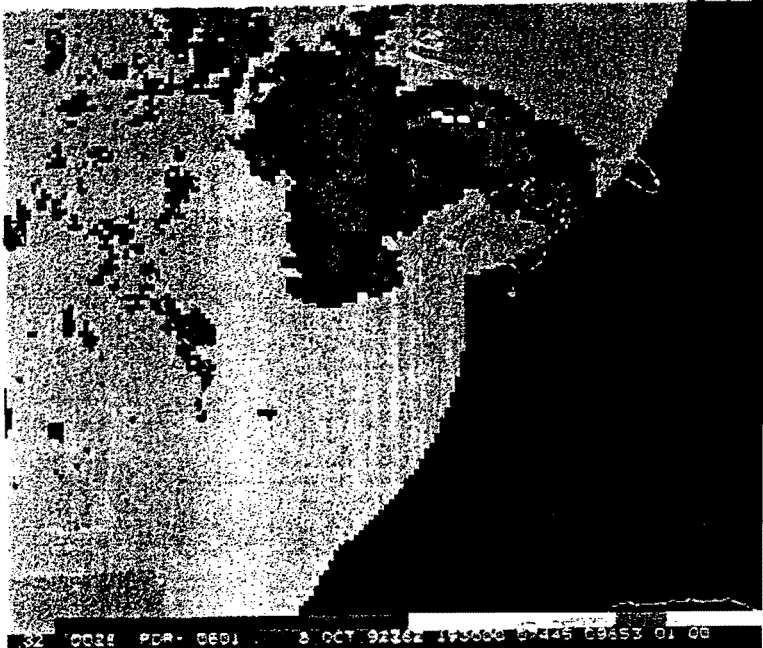
14:40z



15:10z



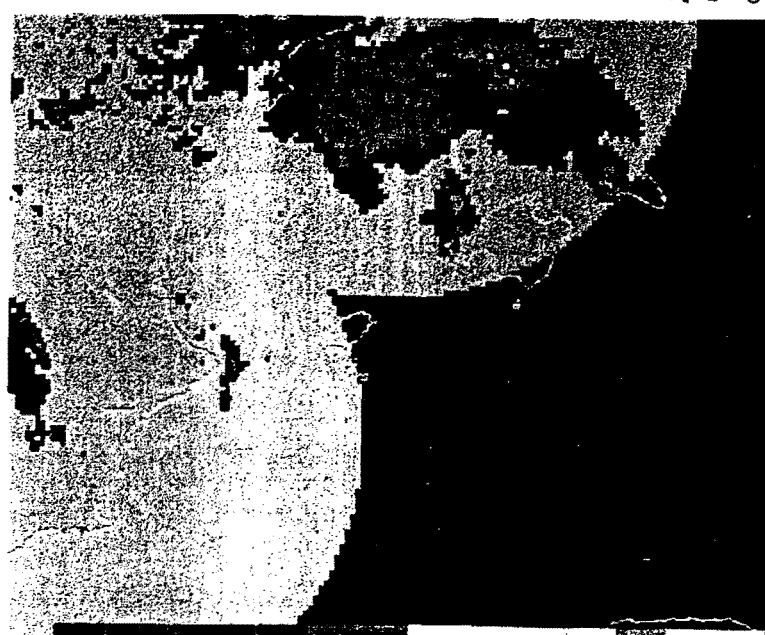
16:40z



19:30z



20:20z



20:50z

Fig. 3.2.1: Imágenes compuestas radar del 8 de Octubre de 1992, desde las 14:40z hasta las 20:50z.

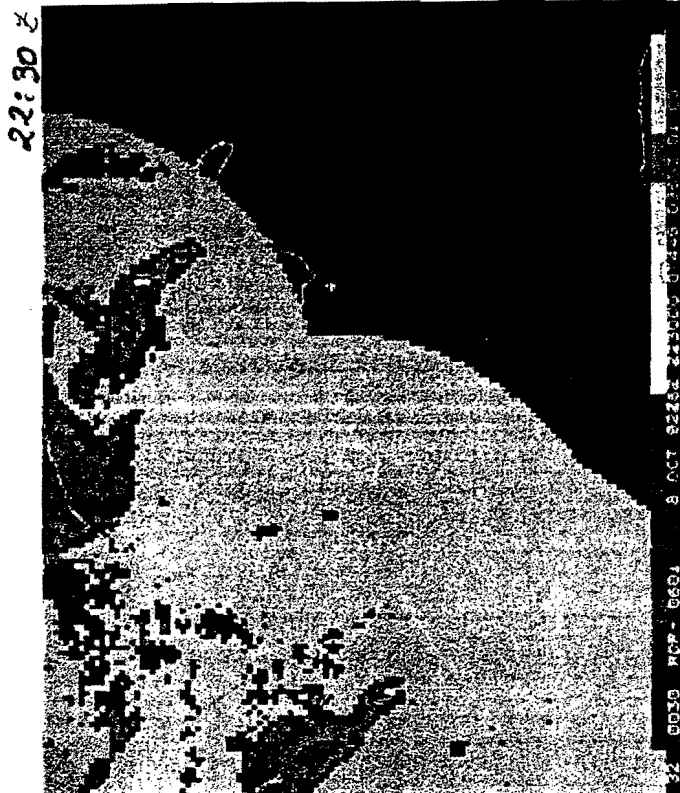
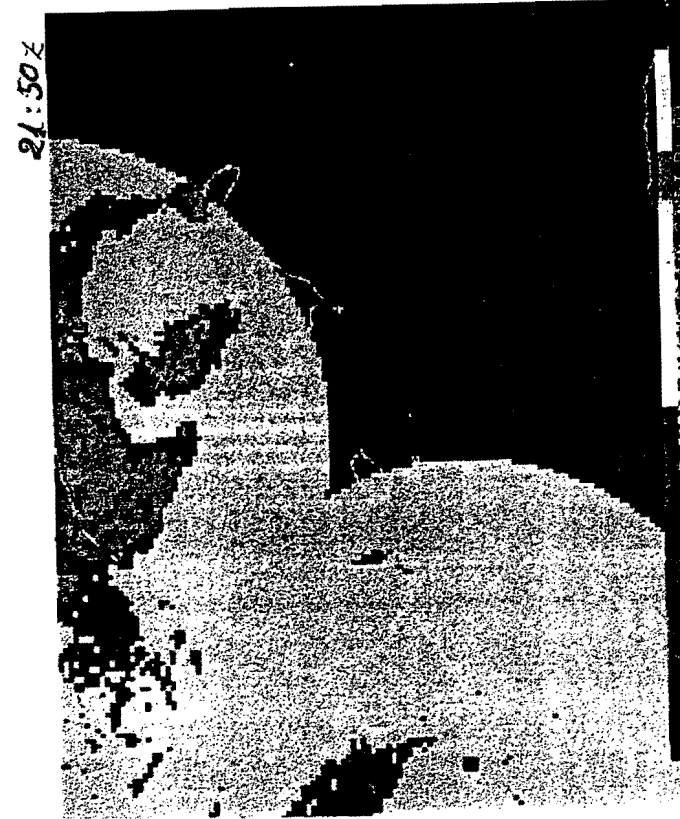
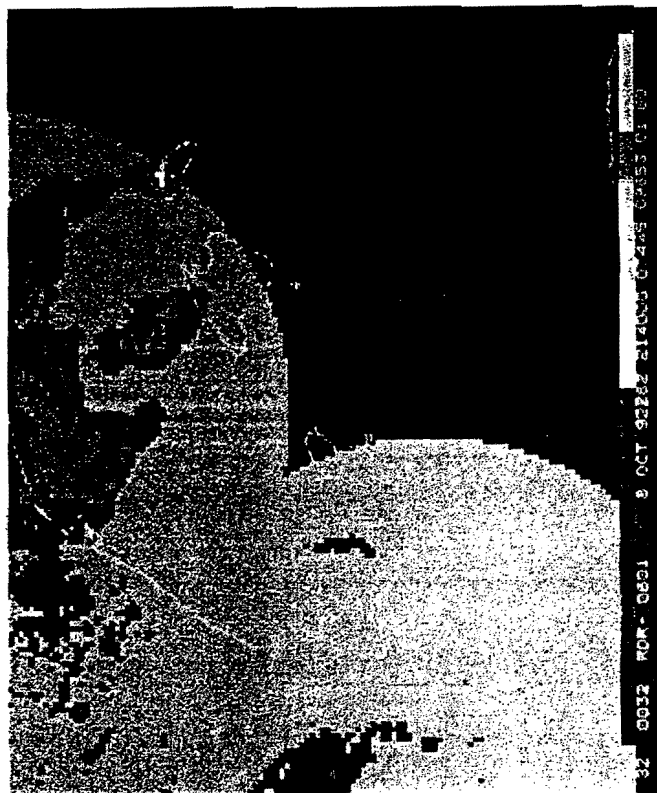
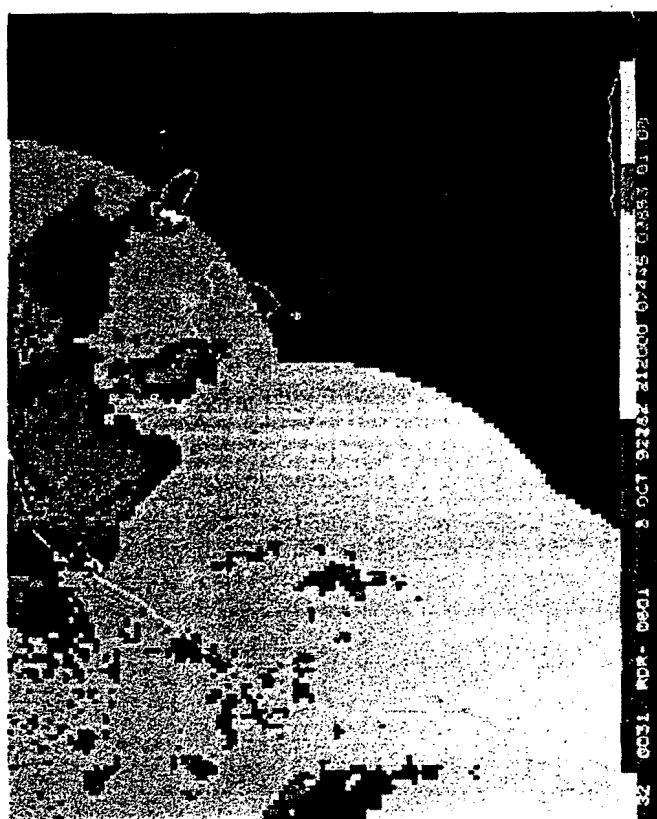


Fig. 3.2.1: Imágenes compuestas radar del 8 de Octubre de 1992, desde las 21:20z hasta las 22:30z.

3.3.-SEGUNDA PARTE: ESTUDIO OBJETIVO DE LOS SCM,s.

Con respecto a la segunda fase del trabajo, se han estudiado algunos de los procedimientos aplicados a imágenes radar digitales para el estudio de MCCs (Cheng, C.-P. y Houze R.A.Jr., 1979; McAnelly L. y Cotton W.R., 1991). Los métodos aplicados resultan muy laboriosos y requieren trabajar con el archivo digital de los datos originales.

En un primer intento y dado que no disponemos, por ahora, de los archivos digitales originales de la imagen radar, se ha optado por someter al CAPPI compuesto nacional ingestado en SAIDAS, como primera prueba, a un tratamiento estadístico análogo al que se aplica a las imágenes IR de satélite (Riosalido, 1990; Canalejo M., Carretero O. y Riosalido R., 1993) sin perder de vista la diferente información que proporciona el radar y el diferente nivel que visualizamos con un sistema y otro.

No se ha podido hacer uso del Echotop compuesto nacional por el inconveniente ya comentado anteriormente (ver 3.1.1).

Junto con los inconvenientes generales y con los ya encontrados en la primera fase, nos encontramos con otras limitaciones surgidas al intentar aplicar el tratamiento objetivo:

- la región convectiva del SCM, que en las imágenes de satélite se sigue a través de las zonas de toques más fríos, el radar lo ve dividido en varias células con reflectividades altas y con evoluciones independientes. Es decir, disponemos de una resolución espacial y una capacidad de diferenciación mayores que en el caso de las imágenes de IR, lo que nos permitirá buscar estructuras más finas pero, al mismo tiempo, nos complica el seguimiento de la evolución debido a la falta de continuidad temporal de las imágenes.
- al nivel que nos ofrece el CAPPI compuesto, la estructura elíptica que muestran los SCM desde arriba no es tan clara, por lo que pierde sentido el buscar la evolución de las excentricidades.
- al igual que se hace con las imágenes de satélite, se ha intentado buscar una explicación meteorológica a la evolución temporal de la extensión que ocupa la zona convectiva en relación con la de la zona estratiforme. En este caso, no ha sido posible observar la evolución esperada debido al pequeño intervalo temporal que abarca el archivo disponible; no obstante, todavía no hemos podido constatar si el CAPPI utilizado en la Composición Radar es el idóneo, ya que puede ocurrir que el nivel en que se produzcan los desarrollos más significativos no sea precisamente 2.5 km s.n.m. Es lógico pensar que cada tipo de situación presentará su nivel particular de desarrollo.
- la continuidad de las imágenes es fundamental para eliminar las dudas que surgen al encontrarnos con pixels aislados con elevado valor de intensidad de precipitación no rodeados de una disminución gradual del mismo, así como para distinguir los pixels coloreados como consecuencia de la propagación anómala o de ecos de tierra. Algunas de estas dudas se resolverían si se pudiera disponer de imágenes Doppler, pero sus coberturas son menores y no se solapan.

- los datos deducidos de las imágenes compuestas radar (hora de inicio de los SCMs, hora de la fusión de dos SCMs, etc.) no suelen concordar con la información obtenida de las imágenes de satélite, lo cual es lógico debido a que estamos observando parámetros diferentes y niveles distintos, y el de la imagen compuesta radar de la que disponemos en la actualidad no tiene por qué corresponderse con el nivel representativo del desarrollo del sistema.

La Fig. 3.3.1 nos muestra una aproximación a la evolución temporal de las áreas con intensidades de precipitación que hemos calificado de convectivas, ya que, como se puede apreciar fácilmente, existen muchas lagunas de datos. Tan sólo podemos apreciar un aumento relativo de las áreas de precipitación convectiva alrededor de las 13:30 z, momento en que se produce la fusión de los dos SCM y el radar de Valencia puede visualizar ambos. No podemos deducir nada de la importancia absoluta de este aumento debido a que abarcamos un período muy pequeño del ciclo de vida completo del SCM2 (ver Fig. 2.5). Como dato a tener en cuenta, el área considerada como asociada a intensidades de precipitación convectiva no alcanza a ser ni el 6% del área asociada a intensidades de precipitación que hemos calificado de estratiforme durante este corto período de tiempo en el que disponemos de imágenes radar con una cierta continuidad.

Evolución de las áreas con Intensidades de Precipitación superiores a un cierto umbral. **8-9/OCTUBRE/1992**

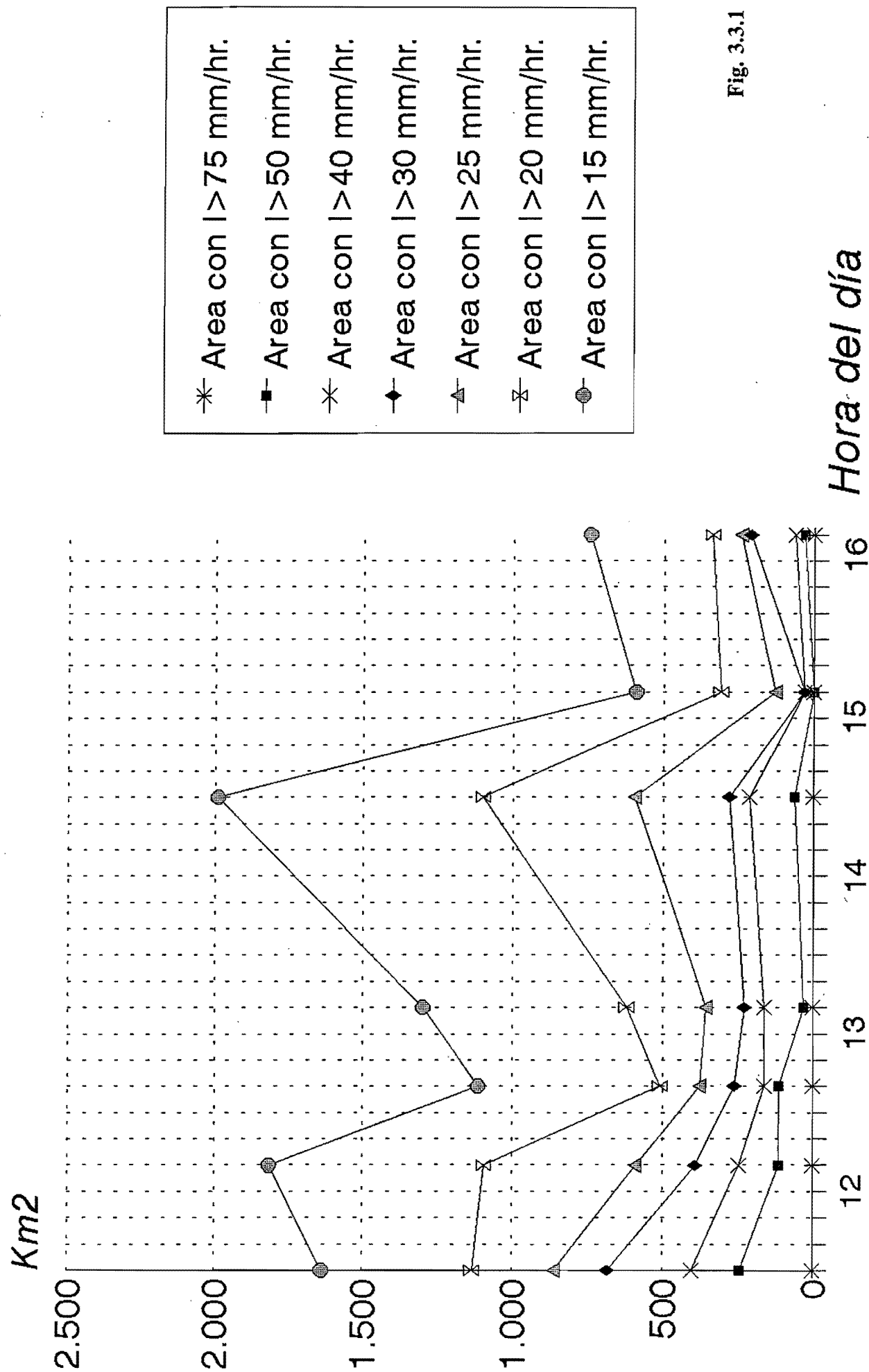


Fig. 3.3.1

3.4.- FUTURAS ACCIONES.

3.4.1.- Con respecto al estudio de los SCM.

En la actualidad, la opción elegida para la Composición Nacional en las zonas de solapamiento de dos radares es la del valor más alto (*HIGHEST*), por lo que la estructura meteorológica visualizada se mantiene durante un poco más de tiempo a pesar de que, en su desplazamiento, entre en la cobertura de otro radar. A esto, hay que añadir las mejoras que, poco a poco, se van consiguiendo con respecto a la continuidad en la presencia del radar que nos interese en la Composición Nacional y con respecto a la continuidad de la ingestión de imágenes SIRAAM disponibles en SAIDAS. Por ello, nos hemos propuesto hacer un seguimiento, en tiempo real, de los SCM que nuestra red de radares detecte con el mismo doble objetivo de este capítulo:

- por un lado, estudiar la evolución de los ecos observados en el radar, con el fin de ir constatando los diferentes modelos conceptuales, propuestos principalmente por los americanos.
- por otro lado, llegar a proponer un tratamiento objetivo y estadístico de los datos radar con el fin de objetivizar la evolución de los SCM.

No obstante, lo más apropiado en el estudio cuantitativo de los datos radar para SCM será trabajar con el archivo digital del sistema regional.

3.4.2.- Con respecto a la Vigilancia Meteorológica.

Para fines de Vigilancia Meteorológica a nivel nacional, hemos constatado todos los inconvenientes que presenta el que en la Composición Nacional se utilice el CAPPI1 traducido a intensidades de precipitación (ver Anexo I). Por ello, sería deseable evaluar la Composición Nacional en base a la reflectividad máxima (Z_{\max} en el Radar Regional) y del echotop, con la opción de *HIGHEST*; de esta manera, la Composición Nacional nos alertaría sobre lo "peor" que, en un momento determinado, se está observando por cada uno de los radares de nuestra red. Lógicamente la mayor variedad de productos y mejor resolución del sistema regional ofrecerá una información más detallada de por qué y dónde se encuentran los ecos más significativos.

En cualquier caso, siempre existirán los inconvenientes mencionados en 3.1.2.

ANEXO I

AI.1.- OBJETIVO.

En este Anexo, pretendemos analizar las posibles causas que originan el que las estructuras meteorológicas situadas en la zona de solapamiento de dos o más radares se visualicen de forma que aparecen modificadas o "cortadas" cuando la opción elegida es la *NEAREST*, como corresponde al caso en estudio.

AI.2.- ANÁLISIS DE LAS CAUSAS.

En la Fig.AI.1, se muestra la trayectoria del haz del radar para la elevación más baja (correspondiente al PPI) en el caso de Barcelona, Valencia, Murcia y Madrid para una atmósfera estándar y para el modelo "de los 4/3" (*Curso Básico de Radares Meteorológicos*, pág. II.4), de acuerdo con las exploraciones operativas en las fechas en estudio.

Lo primero que llama la atención al observar esta figura son dos cosas:

- 1º) La diferente anchura del haz según el radar sea de banda S o C, lo que se traducirá en:
 - mejor resolución espacial en el caso de los radares de banda C, pudiendo captar mejor los ecos de máxima reflectividad, sin que éstos valores altos se diluyan tanto como en el caso de los radares de banda S al promediar en el tronco de cono de la resolución en volumen que presenta el radar.
 - por contra, el haz de los radares de banda C abarca menos espesor, por lo que, si el eco se encuentra en un nivel diferente a 2.5 km s.n.m. y fuera del rango que abarca el PPI, no nos lo muestra la imagen de la composición nacional.
- 2º) La diferente altitud que alcanza el haz medio en cada uno de los radares con la distancia: sobreelevación del haz.

AI.2.1.- CAPPI compuesto.

Los valores significativos para nuestro razonamiento en este estudio, y que se deducen de estas gráficas, se resumen en la siguiente tabla y en el mapa adjunto (Fig.AI.2), donde se han señalado las coberturas de los radares de Valencia y Barcelona así como la de los CAPPI a 2.5 Km s.n.m., de acuerdo con la información recibida del ST y operativa en esas fechas:

	Radio (km) con información a 2.5 km s.n.m. ^(*)	ALTITUD (km) correspondientes al haz medio de la elevación más baja para distancias (km) al radar de:			
		140	150 ^(**)	180	200
Barcelona	85	4.0	4.5	5.5	6.0
Valencia	60	6.0	6.5	8.0	9.0

- (*) Para radios mayores, la imagen se completa con el PPI.
- (**) Distancia mínima a la línea media de la zona de solapamiento de los radares de Barcelona y Valencia.

- 1º) De acuerdo con estos datos, en las imágenes de la Composición Nacional elaboradas con la opción NEAREST, de una estructura meteorológica situada en la zona de solapamiento del radar de Barcelona y el de Valencia, por ejemplo, visualizaremos los ecos correspondientes al nivel 4.5 km en una parte junto con los correspondientes al nivel 6.5 km en la otra, respectivamente.

Depende, por tanto, del **nivel donde se encuentre el máximo desarrollo del sistema y de qué profundidad presente** éste el que veamos la estructura con los valores "cortados" o no para cada pareja concreta de radares.

En la Fig AI.2, podemos comparar las zonas que corresponden al verdadero CAPPI a 2.5 Km y las que corresponderían a los PPI,s , que complementan dicho nivel cuando el haz medio se encuentra sobre los 2.5Km: la mayor parte de la información proviene de la exploración más baja (PPI).

- 2º) Otra posible causa podría ser la posible existencia de una falta de ajuste en la calibración entre los radares de la red , hecho que no sabemos si se producía en este estudio.
- 3º) En este caso, en concreto, la estructura meteorológica se visualiza a través de radares de banda S todos ellos. En el caso de solapamiento entre un radar de banda C y otro de banda S (como es el caso de Madrid y Valencia, mostrado también en la Fig.AI.1), a las dos causa anteriores hay que añadir la **diferente relación Z-R** aplicada a uno y a otro: la relación Z-R de tipo convectivo origina, para la misma imagen de reflectividad, una imagen de intensidad de precipitación con menor extensión y valores más bajos que la relación Z-R de Marshall-Palmer. En la actualidad, se aplica la primera a los radares de banda S y la segunda a los de banda C, de acuerdo con la información suministrada en el Boletín de Septiembre de 1993 del ST.

AI.2.2.- Echotop compuesto.

Para este producto, se **utiliza diferente umbral de visualización según el radar sea de banda S o C** (Boletín de septiembre de 1993 del ST): 24 dBZ para los primeros y 12 dBZ para los de banda C.

Esto se observará, al visualizar una estructura meteorológica que en su desplazamiento, pase de la cobertura de un radar de banda C a otro de banda S, como una disminución de la altura de echotop ("desplome" ficticio). El hecho contrario también se podría dar con su efecto inverso.

AI.3.- DÓNDE SE PRODUCE EL "CORTE" OBSERVADO.

Depende de la opción elegida al elaborar la imagen de composición nacional:

- si se ha elegido la opción del dato más cercano (*NEAREST* en el SIRAM), se observa en la línea recta media del huso de solapamiento de la cobertura de los dos radares.
- si se ha elegido la opción del dato más alto (*HIGHEST* en el SIRAM), se observa en la línea curva que delimita la cobertura de uno de los dos radares: el que, por su nivel de visualización o por su modo de exploración, proporciona el valor mayor.

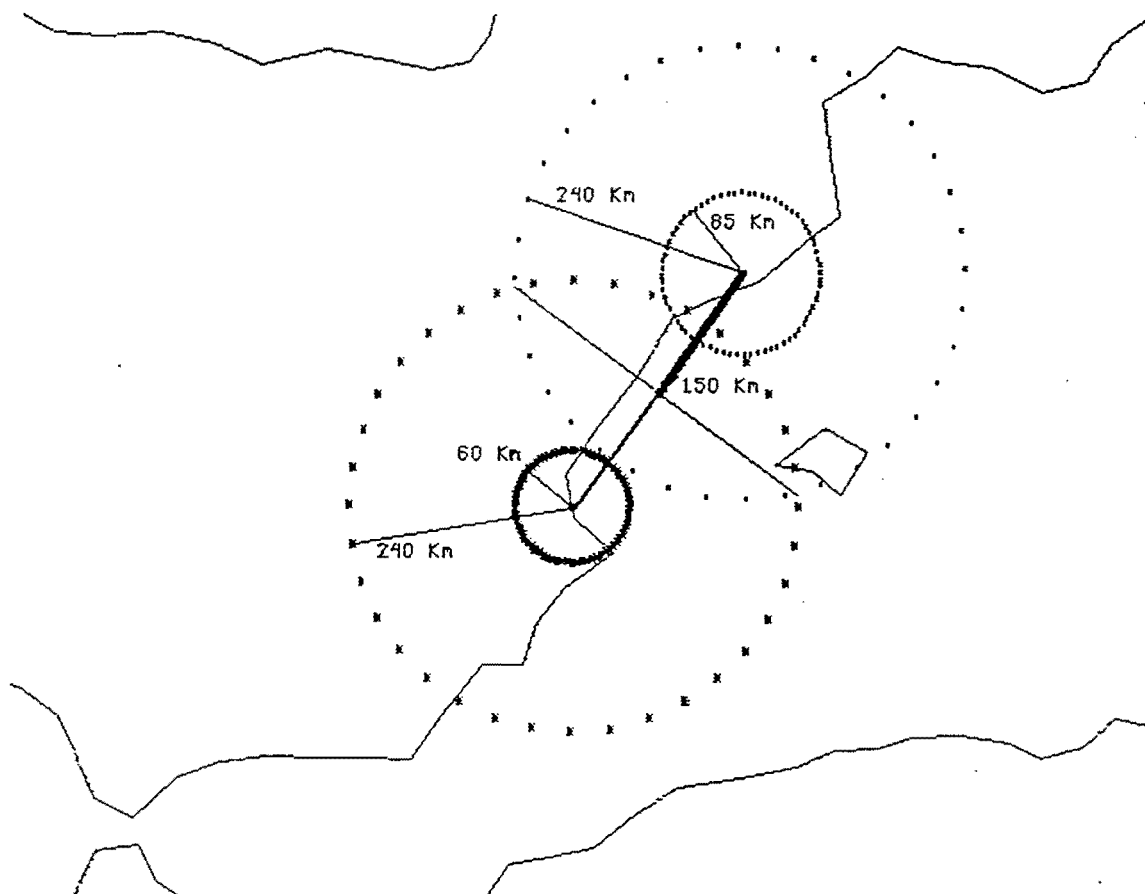


Fig. AI.2: Coberturas de los radares de Valencia y Barcelona: CAPPI 2,5 Km s.n.m.

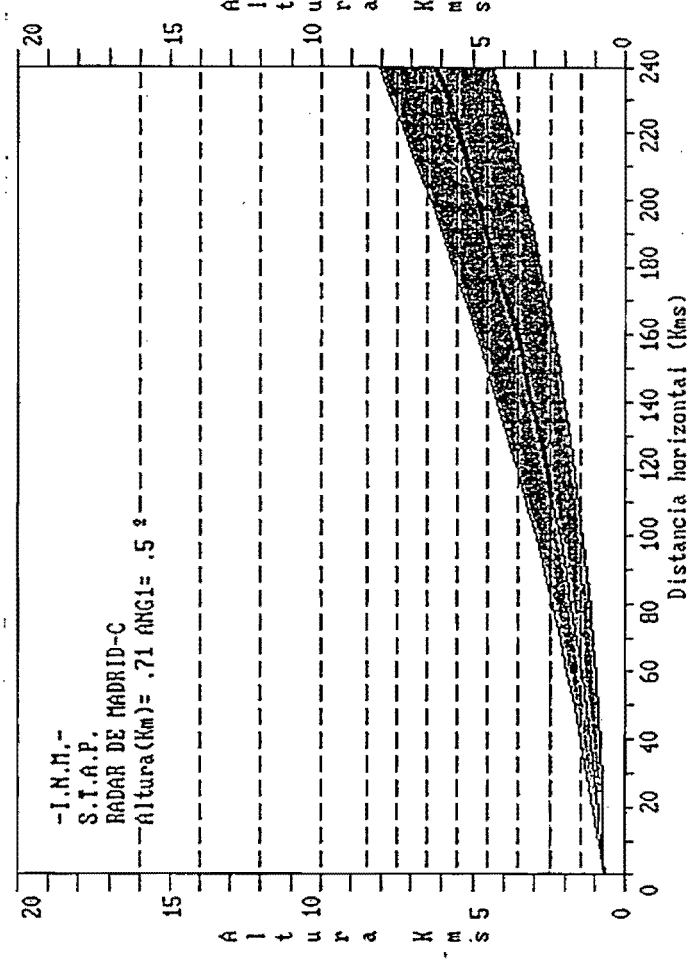
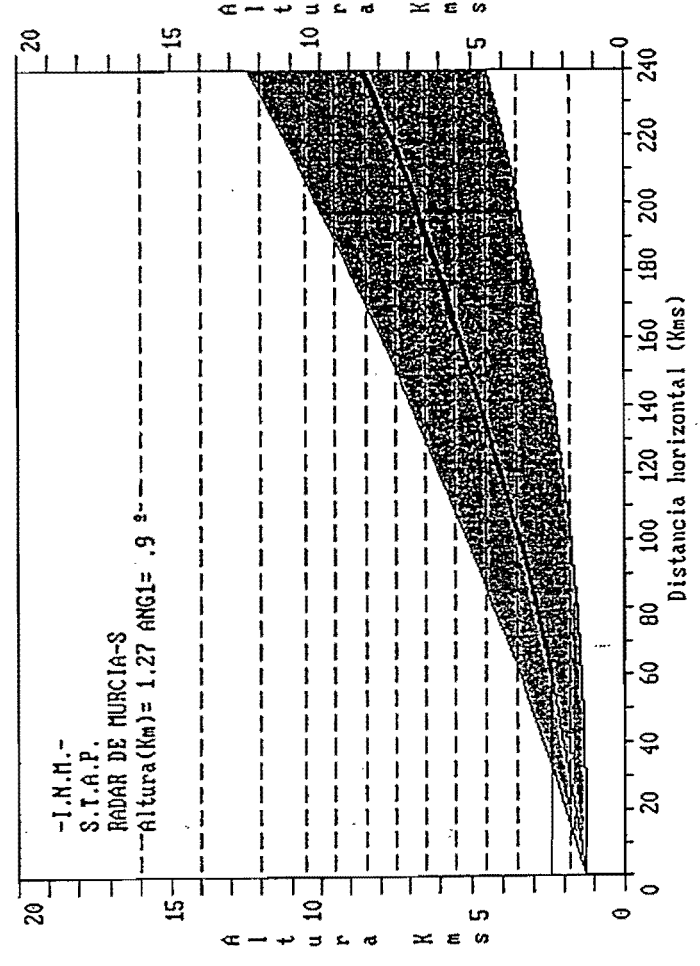
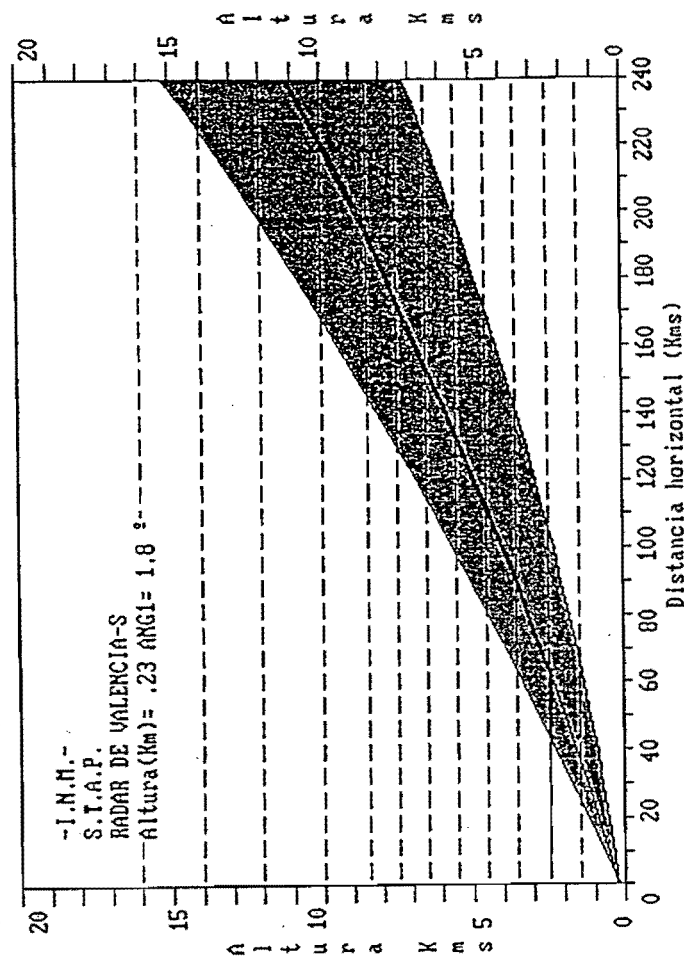
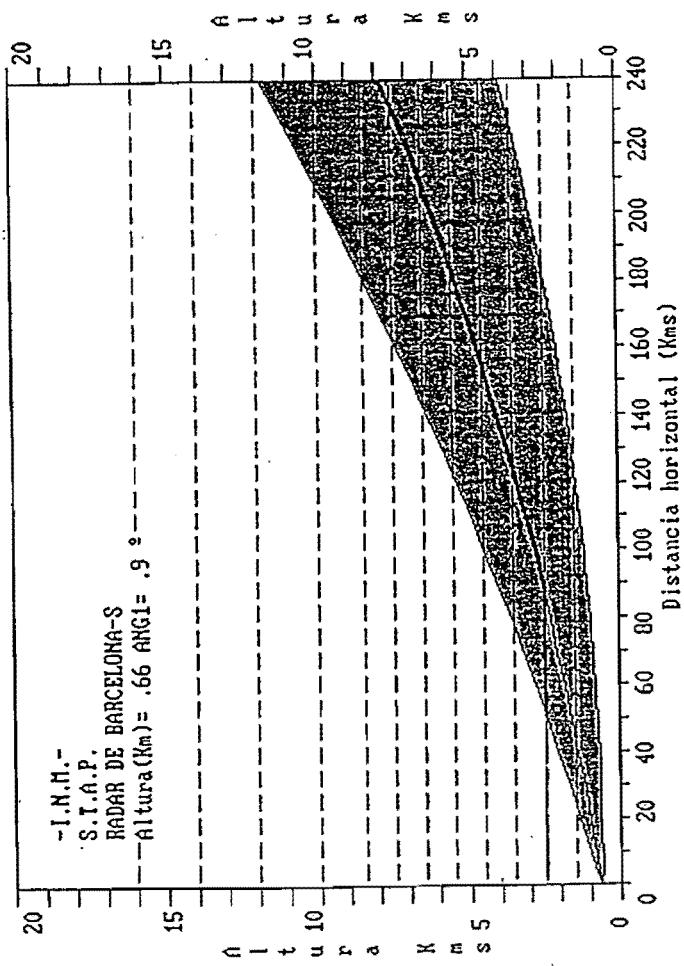


Fig. A1.1: Trayectoria de la exploración más baja (en Octubre de 1992) de los radares

INDICE

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS DATOS PROPORCIONADOS POR LA RED DE DETECCIÓN DE RAYOS.

4.1.- DESCRIPCION DE LA RED DE DETECCION DE RAYOS O DE	
DESCARGAS NUBE-TIERRA DEL INM.	4.1
Información elaborada de cada rayo	4.1
Especificaciones técnicas	4.1
4.2.- ANALISIS DE LOS DATOS DE LA RED.	4.2
Modelo ideal de comportamiento	4.2
a) Fase Inicial o de formación.	4.2
b) Fase de madurez.	4.2
c) Fase de disipación.	4.2
Criterios adoptados para este estudio	4.4
I. Fase inicial.	4.4
II. Fase final.	4.5
III. Interacciones.	4.5
4.2.1.- Distribución espacial y temporal de las descargas.	4.6
SCM1	4.6
SCM2.	4.10
4.2.2.- TRAYECTORIAS DE LOS CENTROS DE DESCARGAS:	
VECTOR DIPOLAR.	4.14
SCM1	4.15
SCM2.	4.16

4.2.3.- Combinación con datos de satélite y radar.	4.17
a. Distribución espacial de las descargas eléctricas NT en relación con las imágenes de satélite y radar: análisis subjetivo.	4.17
b. Distribución temporal de las descargas eléctricas en relación con la cobertura y extensión de los topos fríos.	4.20

4.- ANALISIS DE LOS DATOS PROPORCIONADOS POR LA RED DE DETECCIÓN DE RAYOS.

Uno de los datos que más potencialidad encierran en la descripción del ciclo de vida de los SCM,s son los proporcionados por la red de detección de rayos o descargas Nube-Tierra (NT desde ahora), que ha entrado recientemente en funcionamiento en el INM. Nuestro objetivo en este apartado es el de caracterizar a los dos SCM,s del estudio y compararlo con los resultados obtenidos en otras latitudes. Para ello analizaremos los siguientes puntos:

-Descripción de la red.

-Análisis de los datos:

*Distribución espacial y temporal de las descargas.

*Trayectorias de los centros de carga:Vector Dipolar.

-Combinación con datos de Satélite y Radar.

4.1.- DESCRIPCION DE LA RED DE DETECCION DE RAYOS O DE DESCARGAS NUBE-TIERRA DEL INM.

Esta formada por 14 sensores repartidos por la geografía peninsular y balear capaces de detectar, mediante un conjunto de antenas ortogonales, ciertas características del campo electromagnético generado por un rayo. Cada sensor envía un conjunto de datos relativo a dicha descarga NT al analizador o concentrador central de la red, situado en Madrid, que suministra una información elaborada de cada rayo:

-Polaridad (negativa o positiva).

-Situación geográfica(lat,lon).

-Hora (hasta las milésimas de segundo).

-Número de subdescargas de cada rayo.

-Intensidad normalizada de la primera subdescarga.

-Datos relativos a los errores de posicionamiento.

-Sensores o antenas que lo detectaron, así como el método de localización utilizado.

Dicha información se ingesta, casi en tiempo real, al sistema SAIDAS.

De las especificaciones técnicas de la red, tenemos que el equipo posee una eficiencia de detección del 90% en un radio de 370 Km, esto es, cada sensor es capaz de detectar un 90% de todas las descargas que caen dentro de dicho radio. La ubicación de los sensores hace que los errores de detección lleguen a alcanzar valores de hasta 1 Km² en algunas zonas de las mesetas y entre 2 y 4 Km² en gran parte de nuestra zona mediterránea, tanto marítima como costera (existe una antena ubicada en el aeropuerto de Palma de Mallorca).

Para mayor detalle y características técnicas de la red del INM consultar la bibliografía específica (ST,1992).

4.2.- ANALISIS DE LOS DATOS DE LA RED.

Los Sistemas Convectivos de Mesoescala son una de las mayores fuentes generadoras de rayos (Goodman 1986,1988). Se han estudiado en EEUU sus ciclos de vida mediante redes de detección parecidas a la nuestra y se han observado que poseen un modelo ideal de comportamiento que se puede resumir, a grandes rasgos, en estos puntos:

a) Fase Inicial o de formación.

En esta fase se generan los diferentes núcleos convectivos que van a interaccionar para formar el SCM, cada uno de ellos con su propia actividad eléctrica, aislada y de tipo celular. **La fase de formación se caracteriza por un aumento súbito y constante del número de descargas negativas (-) y algunas positivas(+)** pero muy reducidas en número. Todas ellas se concentran en las zonas convectivas donde se producen los fuertes movimientos ascendentes.

b) Fase de madurez.

Los núcleos tormentosos han interaccionando y se han organizado en una estructura de mayor entidad a la vez que se va generando una amplia zona estratiforme junto a una zona convectiva, todavía muy activa, donde se encuentran los desarrollos más potentes. Las descargas (-) se estabilizan, aunque cada célula tormentosa puede adquirir momentos de gran intensidad eléctrica y de forma pulsante. **Las descargas positivas** siguen existiendo en la zona más activa pero **comienzan a crecer en número en la zona estratiforme a medida que ésta gana extensión**. Algunas descargas negativas también aparecen en esta zona.

c) Fase de disipación.

Los núcleos convectivos dejan de estar organizados y se separan en células aisladas. Además, la antigua zona estratiforme del SCM puede perdurar durante bastante tiempo. Durante esta fase la **proporción del número de descargas positivas** es mayor que las negativas. Se han detectado casos en que una especie de "torta" estratiforme positiva ha perdurado varias horas, incluso después de que los núcleos convectivos, desorganizados, se han disipado.

En esta fase, el decaimiento de la actividad eléctrica de los rayos negativos es menos acusada y rápida que en la fase inicial, que suele ser muy marcada.

Este modelo no deja de ser ideal y es normal encontrarse con SCM que puedan diferir de este comportamiento, sobre todo en aquellos que interaccionan con otros SCM, se regeneran, se dividen, etc.

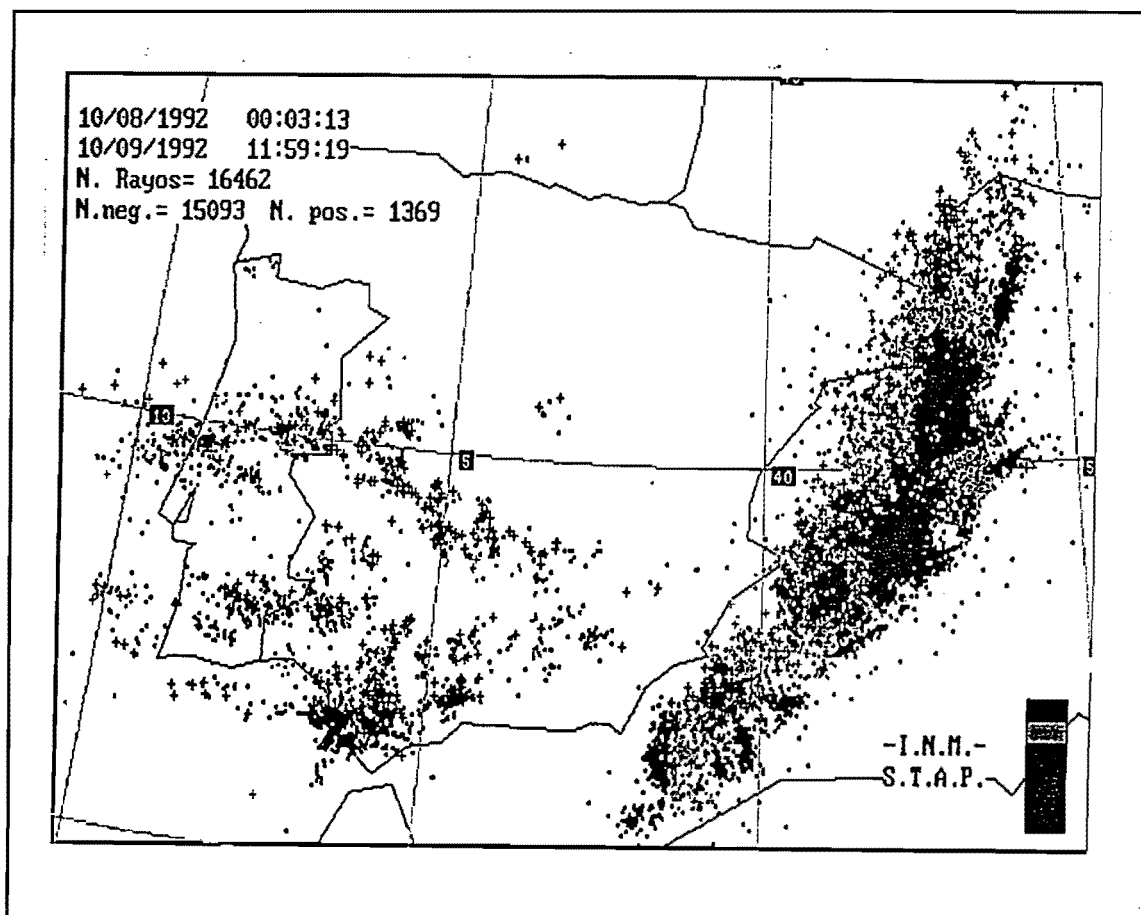


Fig 4.1 Actividad eléctrica en la península. Fechas y horas inicial y final en cabeceras.

En este trabajo se han estudiado y analizado los datos de la red de rayos asociados a los dos SCM,s que se desarrollaron en la zona mediterránea durante los días 8 y 9 de Octubre de 1992. La actividad eléctrica fue muy marcada con más de 16000 rayos entre las 00z del día 8 y las 12z del 9 como se puede observar en la Fig 4.1. En ella podemos distinguir tres zonas bien diferenciadas:

I. La primera corresponde a la zona del golfo de Cádiz y zonas limítrofes asociada a la convección del núcleo frío.

II. La segunda zona esta formada por la actividad eléctrica generada por tormentas en el interior de la península que tienden a agruparse en forma de dos o tres líneas arqueadas que corresponden a bandas nubosas convectivas orientadas de W a SE.

III. La tercera zona nos ofrece la traza eléctrica de los dos SCM,s que se formaron en el área mediterránea. El primero (SCM1), al SE de las costas de Almería, se desplazó en dirección hacia las costas alicantinas para fundirse con un segundo (SCM2), generado al SW de Ibiza y que posteriormente barrió las Baleares para situarse, durante el día 9, frente a las costas catalanas y disiparse, durante la mañana del mencionado día, en el SE francés.

Un problema que surge inmediatamente es como aislar a ambos SCM,s, desde el punto de

vista eléctrico. Para ello se debía de definir una ventana espacial y temporal, para cada uno, donde se recogiera su ciclo de vida.

En la actualidad se define un SCM a partir de unos criterios basados en la utilización de las imágenes de satélite, que para el caso de España se han "suavizado" con respecto a los originarios de Maddox (Maddox,1980) de los Complejos Convectivos Mesoescalares (CCM), como se recoge en la publicación de Riosalido (Riosalido,1990). Una vez que se comprueba que cumple las condiciones, se analizan los datos de descargas, siempre y cuando cumplan una serie de condiciones temporales y espaciales que se han impuesto en este estudio:

a) La ventana espacial, donde se desarrolla el SCM, debe de caer dentro de una buena cobertura espacial que garanticen unos errores de posicionamiento bajos y eficiencia de detección alta.

Esto ocurre en la zona del interior peninsular y en la zonas marítimas mediterráneas de nuestro interés. A medida que nos alejamos de estas áreas, decae la eficiencia de detección y aumentan los errores de posicionamiento. Por lo tanto la distribución y el número de sensores nos garantizan una buena cobertura espacial. Los dos SCM,s del estudio cayeron dentro de una zona aceptablemente cubierta por la red.

b) La cobertura temporal esta garantizada siempre que la red funcione correctamente.

Este fue el caso de los días 8 y 9. Los datos fueron obtenidos directamente del analizador central de la red y no vía SAIDAS.

Al analizar los datos de SCM,s hay que definir el momento de comienzo, cuándo finaliza el SCM y sobre todo fijar unos criterios de asignación de rayos en el caso de **fusión con otros elementos tormentosos**, ya que en este caso es difícil precisar cuando finaliza el "absorbido", desde el punto de vista eléctrico, y siempre estaremos empañando dicho período por los criterios subjetivos empleados.

Los criterios adoptados en este estudio son:

I. Fase inicial. Momento en que aparecen los primeros rayos asociados a un SCM pero siempre que posean **una continuidad en el tiempo y en el espacio**.

Esta fase puede o no coincidir, en el tiempo, con criterios que se utilizan al trabajar con las imágenes de satélite, por varias razones:

a) La convección puede dar señales con las Temperaturas de brillo (Tb, desde aquí) frías en las imágenes de IR y no haber producido ninguna descarga NT o viceversa.

b) Las imágenes de satélite se toman en intervalos de 30 minutos, con barridos en nuestra zona a H+20 y H+50 min., mientras que los datos de descargas se pueden producir en cualquier momento de forma casi continua.

Esta fase no presenta dificultad alguna a la hora de fijarla, ya que los núcleos convectivos que van a formar al SCM suelen poseer gran actividad eléctrica fácilmente identificables por

su aspecto compacto y celular.

II. Fase final. De la misma forma, la fase final eléctrica puede no coincidir con la usada (según un criterio predefinido) con imágenes de satélite. Puede ocurrir que se dejen de cumplir criterios de los umbrales de temperatura de brillo y persista la actividad eléctrica de descargas de NT, sobre todo en lo que respecta a las positivas.

Aquí las diferencias temporales pueden ser mayores pues, aún desapareciendo la convección, suele existir un número apreciable de descargas NT positivas y negativas aunque espaciadas en el tiempo y en el espacio. Cuando se detectan una o dos descargas por cada 10 minutos, y éstas han tenido una clara tendencia a la desminución en momentos precedentes, es entonces cuando se puede dar por finalizado el estudio del fenómeno.

III. Interacciones. Es un hecho que este mecanismo es fundamental, no solo para generar el SCM en sí, sino que una vez formado este pueda interaccionar con otros núcleos convectivos o con otro SCM. Analicemos los criterios utilizados y que deberán de ser optimizados en el futuro:

a) En el caso que exista una fusión con otro núcleo (que no sea SCM) se utilizarán las imágenes de satélite (IR) para considerar la hora de la fusión y atribuirles las descargas al SCM resultante. En el futuro podrían utilizar las imágenes combinadas radar nacional.

b) Si se funde con otro SCM, es habitual que dicha fusión se suela realizar (utilizando sólo imágenes de satélite VIS-IR) por interacción entre sus flancos convectivos (aunque no siempre). Se podrían asignar las descargas resultante de la fusión al "absorbente", pero puede ocurrir que se estén produciendo descargas en el que va a desaparecer en regiones alejadas de la propia zona de fusión y se pueda considerar que este último, todavía, posee un ciclo de vida eléctrico propio. De aquí que en la zona de la fusión se le asignen las descargas al resultante final, pero en las zonas alejadas de la interacción, y siempre que el absorbido haya desarrollado una zona estratiforme, se le siga atribuyendo a este último. Este criterio se ha empleado en el estudio.

4.2.1.- Distribución espacial y temporal de las descargas.

Lo primero que se realizó fue separar los rayos del área mediterránea asociados a los SCM,s del resto. Posteriormente se separaron los producidos por uno y otro, teniendo especial cuidado en el momento de la fusión. Se les sometió a un tratamiento de datos para el cálculo de:

- a) Distribución espacial en la zona: Rayos (negativos y positivos, por separado) que cayeron dentro de una retícula predefinida ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$, $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ ó de $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$) para observar su distribución espacial .
- b) Agrupamiento de los rayos, para cada SCM, en intervalos de 10, 20, 30 y 60 minutos a partir de una hora determinada para observar su distribución temporal y ciclo de vida.
- c) Cálculo de los centros de descargas negativa ,positiva y total agrupados en diferentes intervalos horarios (10, 20...60 minutos) como valor medio de las latitudes y longitudes de cada tipo de descarga y del sistema completo.
- d) Cálculo del Vector Dipolar: formado por la unión de los centros de los rayos negativos y positivos, y dirigido a esta último. Su distribución espacial y temporal a lo largo del ciclo de vida y análisis de sus posibles aplicaciones.

a) Distribución espacial y temporal.

Como complemento a la Fig 4.1 podemos ver la Fig 4.2 a y b y la Fig 4.3 , donde se muestra la distribución de descargas negativas y positivas agrupadas en cajas de $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ y la distribución temporal del número de rayos de diferente signo (negativos en línea gruesa y positivos, línea en fina), agrupados de 10, 30 y 60 minutos para el SCM1. De la misma forma, en la Fig 4.4 a y b y Fig 5.5 , para el SCM2. Veámosla por separado.

SCM1

El primer sistema convectivo posee un ciclo de vida de unas doce horas, generando más de 1300 rayos: 1307 negativos (92.17%) y 111 positivos (7.83 %). Se inició al SE de las costas de Almería, con las primeras descargas negativas sobre las 3z del día 8. Aparecen dos núcleos tormentosos bien diferenciados que en su primera fase de su ciclo de vida eléctrico, generan algunas descargas NT negativas y que súbitamente comienzan a incrementarse con el tiempo hasta llegar a 40 descargas/10 minutos, Fig. 4.3. En estos momentos aparece , y en la propia zona convectiva, algún rayo positivo mientras que no hay un desarrollo acusado de la zona estratiforme.

El sistema permanece relativamente activo durante algunas horas, aunque después de las 6:30z experimenta un descenso acusado en el número de descargas aunque temporalmente tiene máximos relativos acusados de actividad. Mas tarde de las 11:30z su actividad decae y momentos antes comienzan a aumentar, relativamente , las positivas, Fig 4.3., que tienden a concentrarse frente a las costas de Cartagena y Mar Menor. Es notoria la diferencia espacial de los centros de mayor concentración de descargas negativas y positivas, Fig 4.2 a y b. Mientras el primero muestra la zona donde se formó, inicialmente al sureste de Almería y con gran concentración de descargas negativas, y su partición en dos núcleos bien definidos, en la segunda figura observamos la concentración de positivas ligada a la fase de disipación del

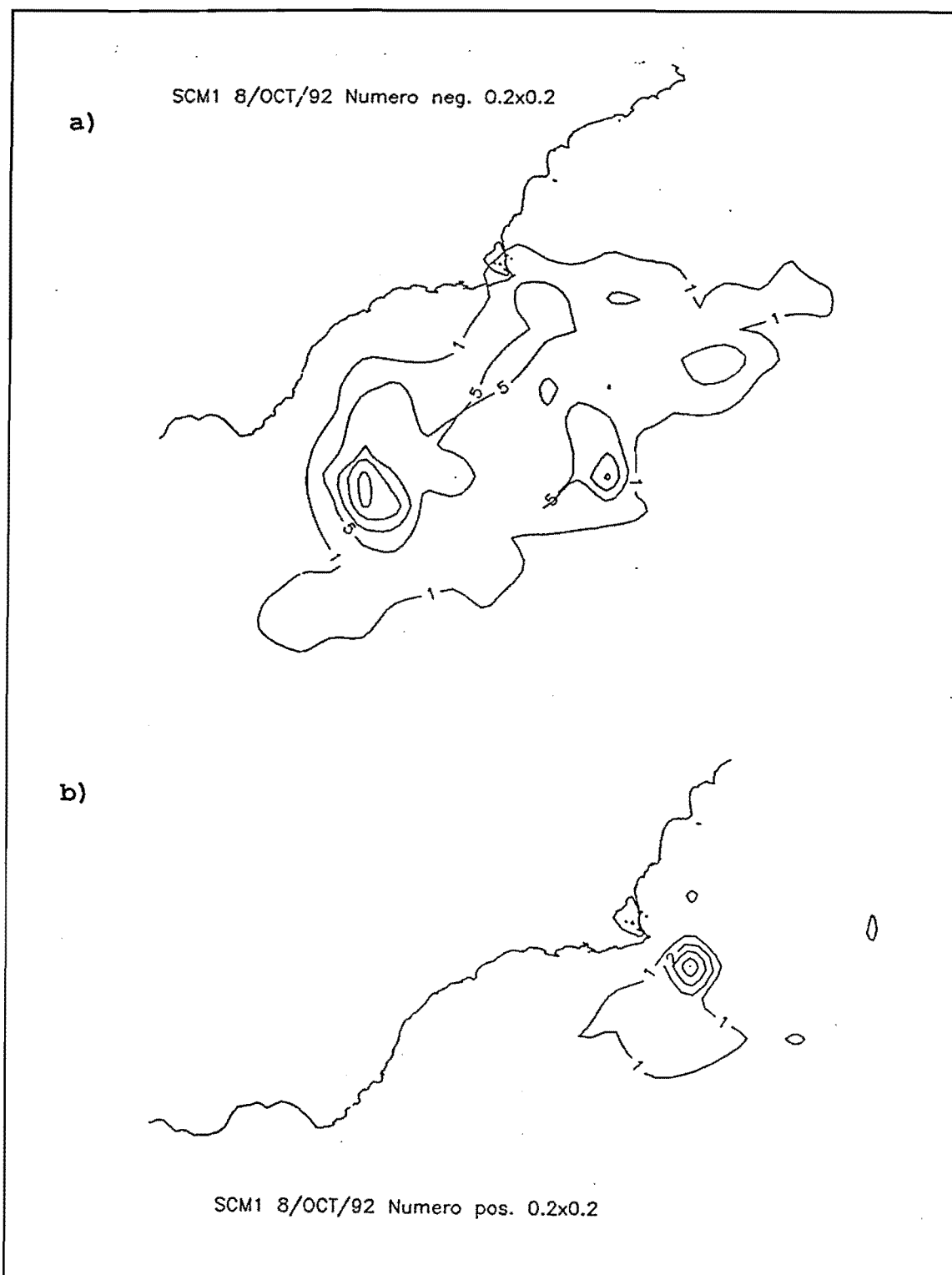


Fig. 4.2. Isolineas de número de rayos agrupados en $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ para el SCM1.
a) Negativos (1,5,10,15...). b) Positivos (1,2,3...7).

sistema y separada de las zonas de mayor actividad convectiva.

El último tramo de las figuras asociadas a la distribución temporal con los rayos agrupados cada 10,30 y 60 minutos, Fig 4.3, se va a ver influenciado por los criterios de asignación de

descargas a los SCM,s en el momento de la fusión. Según las imágenes de satélite, ésta tuvo lugar entre las 13:30 y 14z del día 8. Se pudo haber atribuido **todas las descargas** al núcleo resultante pero se podía observar que aún habiéndose producido la unión seguía existiendo una estructura eléctrica alejada de dicha zona y asociada a los restos del SCM1. Este fue el criterio utilizado, de forma que incluso a las 16:30z persistían rayos positivos y negativos en la zona estratiforme del núcleo que había sido absorbido, Fig 4.3.

Este sistema, aun siendo pequeño, muestra el ciclo de vida de rayos, típico del modelo conceptual ideal de los SCM,s de otras latitudes:

I. Fase pre-inicial del SCM. Aparecen las primeras tormentas aisladas con un número reducido de descargas negativas concentradas en sus zonas más activas y alguna positiva en dicha región.

II. Fase inicial del SCM. Se caracteriza por la interacción de los núcleos convectivos de forma que tienden a formar una sola entidad,realzar las corrientes ascendentes e incrementar el número de las descargas negativas.

III Fase de madurez. Se desarrolla una zona estratiforme bien definida, que tiende a expandirse junto a la zona convectiva. Se mantienen el gran número de negativas y comienzan a aparecer más positivas debido a la advección de cargas del mismo signo desde lo alto de los grandes desarrollos a la región estratiforme por el viento en niveles medios y altos.

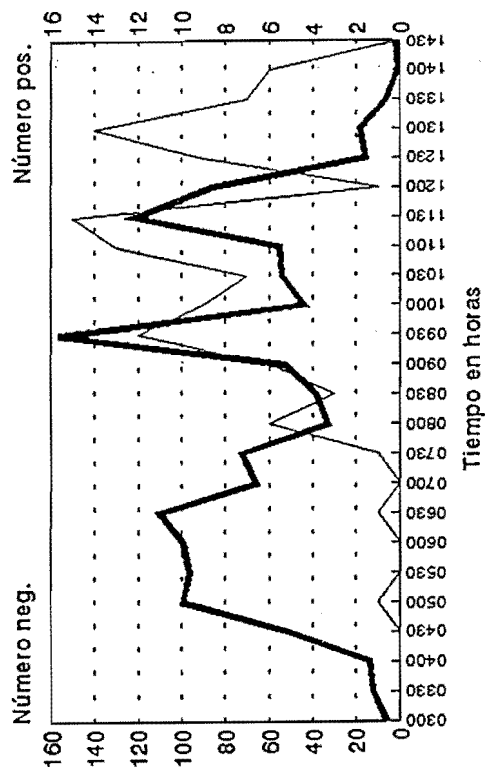
IV. Fase de disipación. El sistema pierde su organización, pudiendo aparecer núcleos convectivos aislados quedando , además nubosidad media alta de la antigua zona estratiforme. Desciende drásticamente el número de negativos y persisten los positivos.La actividad eléctrica va decayendo paulatinamente hasta desaparecer.

La mayor cantidad de rayos negativos coincide con las fases de desarrollo y madurez, mientras que en los positivos es en la fase de disipación. Este hecho explica la diferencia espacial que aparecen en los núcleos donde se concentran los negativos y positivos, de la Fig 4.2 a y b, así como en la temporal, Fig 4.3 , cuando se analizan los rayos agrupados en intervalos.

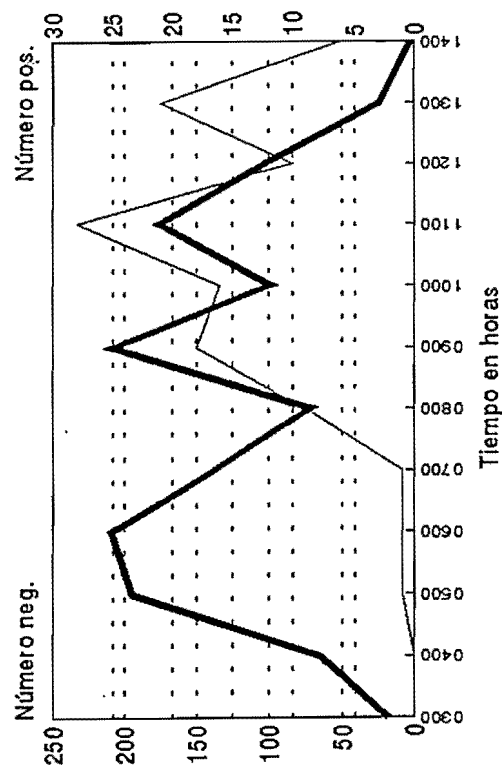
Hay que hacer notar que durante la fase de madurez pueden existir descensos del número de descargas negativas con el tiempo seguidos por **ciertos momentos pulsantes donde aumenta su número esporádicamente.**

Fig. 4.3 Distribución temporal de descargas negativas (línea gruesa) y positivas (continua), en intervalos de 10 , 30 y 60 minutos para el SCM1.

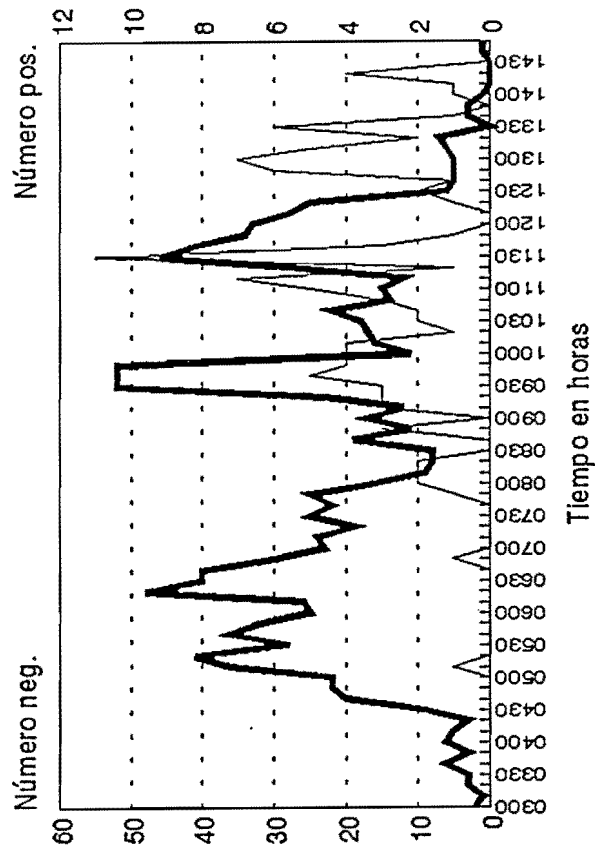
DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT SCM1 8/OCT/92 (30 MIN)



DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT SCM1 8/OCT/92 (60 MIN)



DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT SCM1 8/OCT/92 (10 MIN)



SCM2.

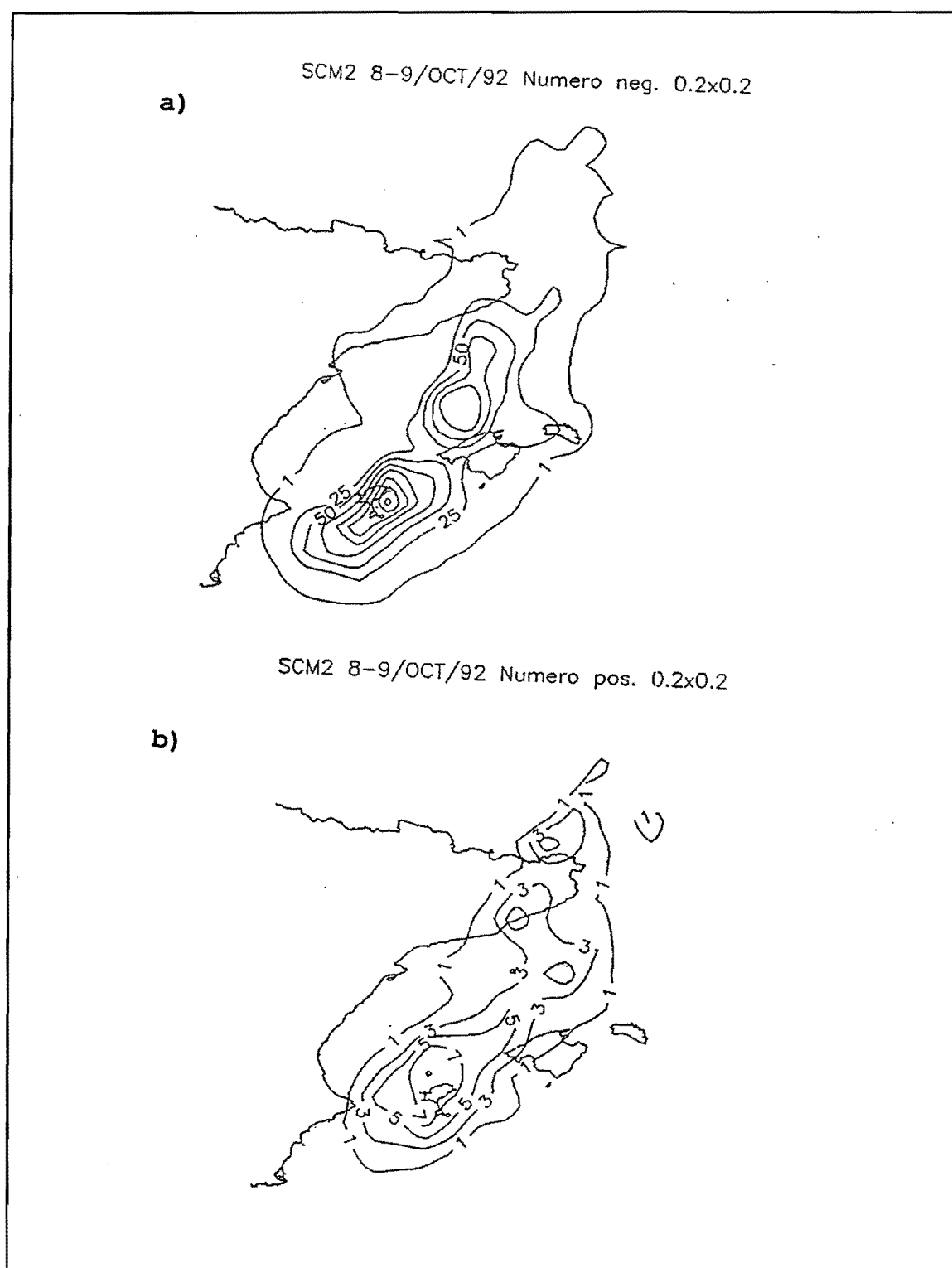


Fig 4.4 Ídem que la Fig 4.2 pero para el SCM2. a) Negativas (1,25,50,75,...)
b)Positivas (1,3,5,7..).

El modelo conceptual ideal, de un SCM desde el punto de vista eléctrico, puede sufrir modificaciones importantes por las complejidades internas que los caracterizan: los propios

procesos microfísicos, interacciones con otros elementos convectivos, reactivaciones, etc. Este es el caso del SCM2, que duró más de 24 horas, del cual se detectaron más de 12300 rayos (11468 negativos, 92.65%, y 910 positivos, 7.35%) muchos más que el estudiado con anterioridad.

Se formó entre las costas alicantinas y SW de Ibiza a primeras horas del día 8 con la primera descarga a las 03:50z. Permaneció de forma estacionario en esta área afectando a las costas alicantinas, valencianas y áreas de Ibiza y Formentera, para fundirse con el SCM1 y desplazarse por el Mediterráneo occidental barriando y afectando a las Islas Baleares, para situarse frente a las costas catalanas a finales del día 8 y penetrar en Francia por el Golfo de León durante las primeras horas del día 9, donde se disipó. En su evolución un núcleo convectivo se desvió del desplazamiento seguido por el SCM2, afectando a la Isla de Menorca entre las 20 y 21z. A su paso generó un tornado, que no será objeto de este estudio.

De la misma forma, que para el caso del SCM1, las Fig 4.4 a y b nos muestran la distribución espacial de las descargas negativas y positivas, respectivamente y la Fig 5 su ciclo de vida eléctrico.

En ellas podemos observar como las máximas concentraciones de los rayos negativos y positivos están desplazados, marcando los negativos la trayectoria general que llevó el SCM2 y las áreas potencialmente más afectadas: Formentera, la parte más oriental de Ibiza, algunas zonas de Mallorca. Obsérvese un ranal secundario que se adentra hacia Menorca como consecuencia de la célula que generó el tornado. En la fase de desarrollo y madurez, la zona donde se concentran los positivos está muy cerca de la zona convectiva (máxima concentración de negativos) aunque desplazado hacia la posible zona estratiforme.

Las diferencias son mayores en la fase de disipación donde la actividad eléctrica disminuye y en proporción las descargas positivas aumentan en la propia zona estratiforme. Esto se puede apreciar en el desplazamiento de las máximas concentraciones de positivos frente a las costas catalanas y sur de Francia, Fig 4.4 a y b, respecto a los negativos.

En la Fig 4.5 tenemos tres paneles donde se han agrupado los rayos en intervalos de 10, 30 y 60 minutos para observar su distribución temporal.

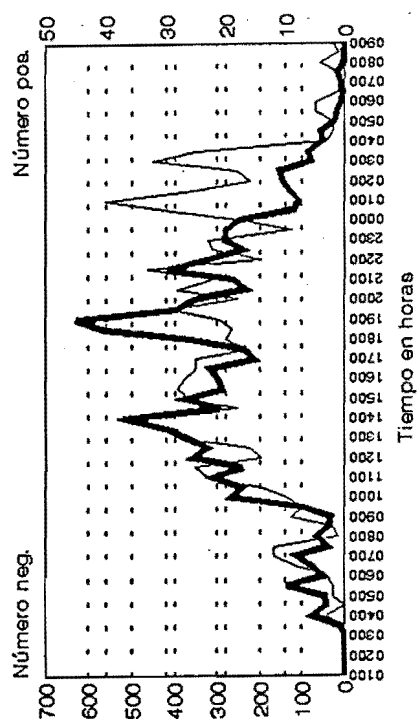
La fase inicial, pre-SCM, comienza sobre las 3z del día 8 con núcleos aislados de convección, que comienzan a generar los primeros rayos detectados por la red sobre las 03:50 z, su número es relativamente reducido y prácticamente aparecen a la vez los primeros positivos, Fig 4.5 (panel izquierdo, con intervalos de tiempos cada 10 minutos). Estos se sitúan entre las costas de Alicante-Valencia e Ibiza y alcanzan unas razones próximas a las que generaron el primero pero muy inferiores a las que se desarrollaron con posterioridad. Después de un descenso de la actividad entre las 08 y 09z, el sistema se reactiva aumentando subitamente el número de descargas, después de las 14z momentos de la fusión, hasta alcanzar unos valores de hasta 240 rayos neg. en 10 minutos. Las positivas han aumentado a la par, pero en menor número y además no existe una coincidencia entre los máximos de negativos y positivos.

Tras este máximo la actividad decae continuamente hasta que a las 18z experimenta otra reactivación muy marcada que dura hasta las 19:30z. A partir de aquí el descenso es más suave que en la fase de crecimiento inicial. Ahora los máximos de positivos parecen que van

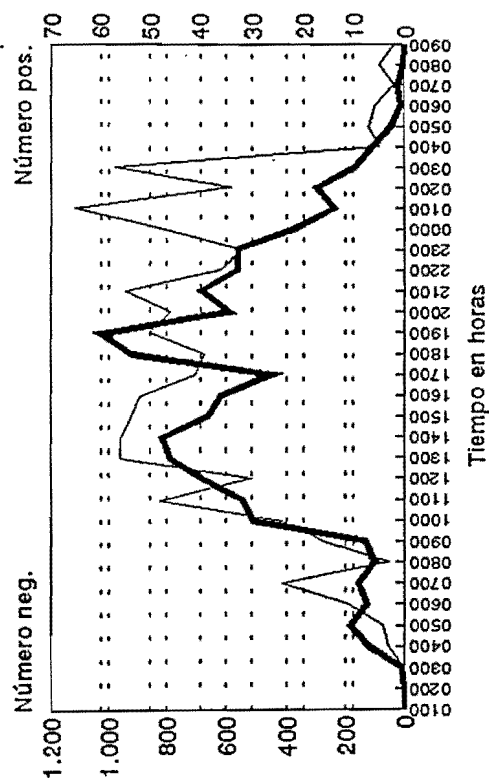
retrasados respecto a los negativos coincidiendo con una posible expansión de la zona estratiforme, que se produce en niveles altos después de una reactivación del sistema. Los máximos de intensidad de descargas positivas se alcanzan en estos momentos, que coinciden con el comienzo de la fase de disipación del sistema.

Fig 4.5 Idem que en la Fig 4.3 pero para el SCM2.

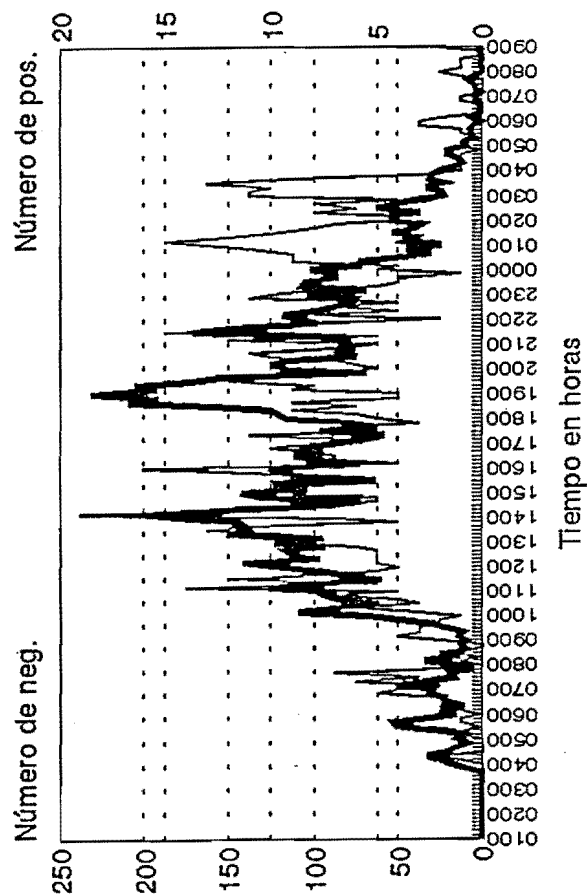
DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT
SCM2 8-9/OCT/92 (30 MIN)



DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT
SCM2 8-9/OCT/92 (60 MIN)



DISTRIBUCION TEMPORAL DESCARGAS NT
SCM2 8-9/OCT/92 (10 MIN)



4.2.2.- TRAYECTORIAS DE LOS CENTROS DE DESCARGAS: VECTOR DIPOLAR.

Como complemento importante a las figuras anteriores se ha tratado de analizar unos parámetros que no están reflejado de forma directa en las anteriores gráficas y están relacionados con el desplazamiento de los sistemas y su ciclo de vida: trayectorias de los centros de descargas y el Vector Dipolar. Para ello se analizaron las trayectorias de los centros de descargas negativas y positivas obtenidos como la media de las posiciones geográficas (LAT y LON) de las descargas agrupadas en intervalos de 10, 20, 30 y 60 minutos. De esta forma tenemos una manera de representar el desplazamiento medio del sistema durante su ciclo de vida. Uniendo los centros de descargas negativas y positivas, y tomando el sentido de esta unión, se obtiene el **Vector Dipolar** (VD, desde ahora) del sistema estudiado.

La información se complementó con el número de rayos negativos y positivos (situándolo en cada extremo y superponiéndole la hora de cálculo. Lógicamente este vector no podrá reflejar la estructura celular de los sistemas, ni otras que queden **suavizadas por el calculo de la media** pero sí reflejará el desplazamiento general del sistema, su ciclo de vida eléctrico, distanciamiento de los centros de descargas con el tiempo al crecer la zona estratiforme, formación de las primeras positivas, disipación, etc.

Para analizar el VD es necesario definir unos umbrales de número de descargas, tanto positivas como negativas, a partir de las cuales se puede calcular. En nuestro caso se optó por el valor de tomar una negativa y una positiva, aunque se analizaron varias posibilidades con agrupamientos medios de 30 minutos, por la utilidad que superponerlos con datos de satélite.

En las figuras Fig 4.6 y Fig. 4.7a y b podemos observar el VD para el SCM1 y SCM2, respectivamente. El último se tuvo que dividir en dos paneles debido a su larga duración. Además se ha superpuesto la trayectoria del núcleo frío obtenido mediante las imágenes de satélite. Este parámetro es puntual y no está promediado, como es el anterior.

Por lo tanto se han dibujado en estas figuras el propio VD, el número de cargas en sus extremos, la hora a la que correspondía y la trayectoria del núcleo frío (a trazos) y la hora de referencia del satélite. Las etiquetas superior izquierda indican la hora inicial del VD, el número de cargas negativas y positivas que se han considerado para su cálculo, la trayectoria de núcleo frío y una representación simple del VD.

SCM1.

En la Fig 4.6 observamos cómo a las 05z tenemos el primer dato del VD con 99 negativos y un positivo, mientras que el primer dato de la T_b mínima es de las 03z. Desde las 03z hasta las 05z no se registraron descargas positivas con una separación espacial relacionada con el crecimiento de la zona estratiforme, el flujo en niveles medios y altos y los procesos internos que se pudieron dar.

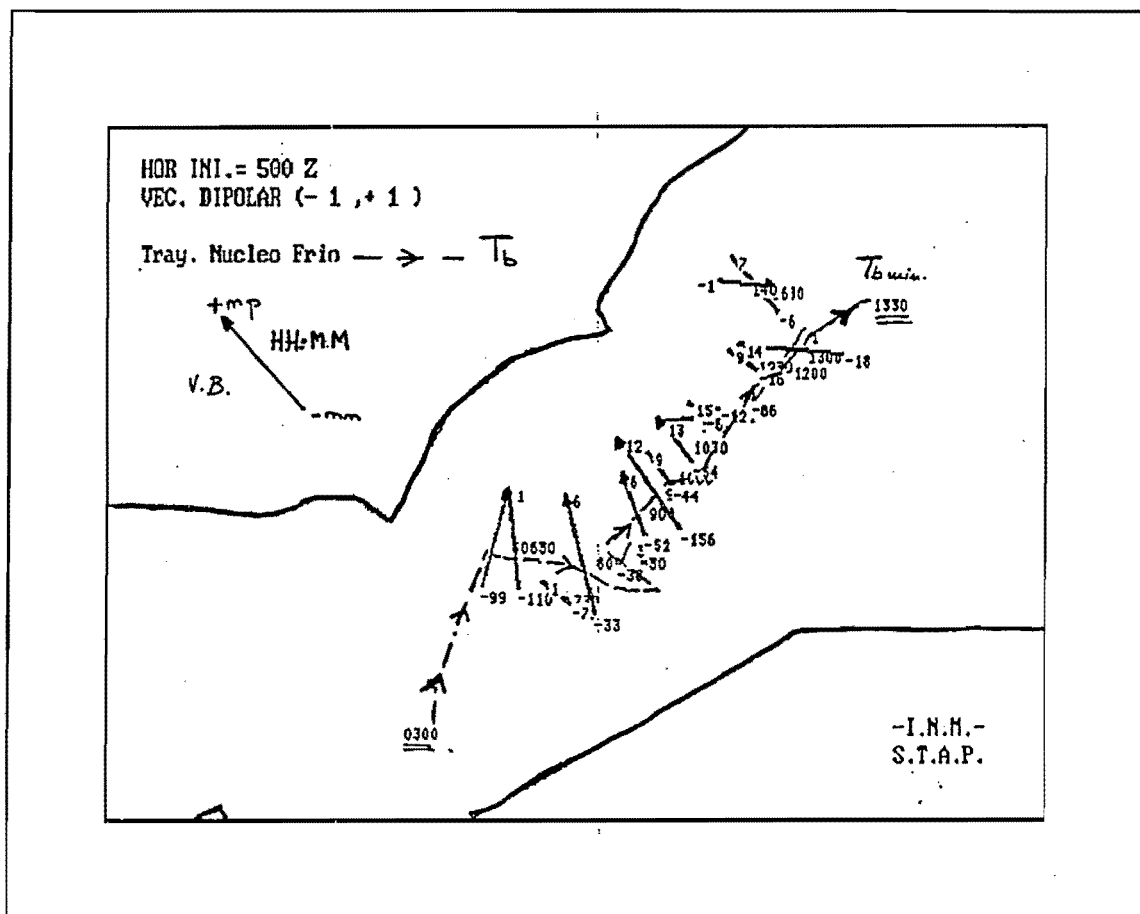


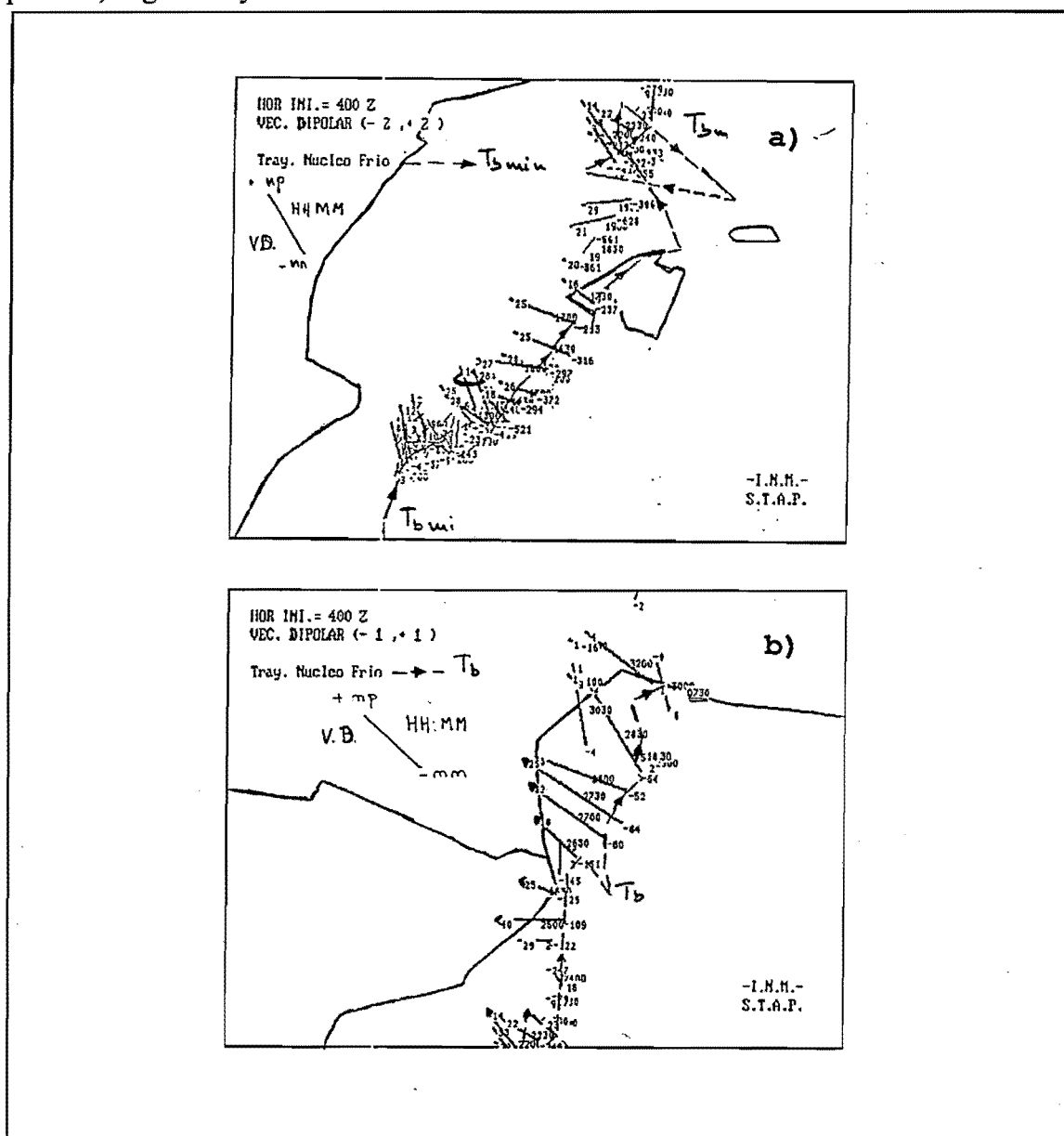
Fig 4.6 Vector Dipolar del SCM1 y trayectoria de núcleo frío (T_b mínima) obtenido mediante imágenes IR.

Después de las 05z el número de negativos aumenta así como el de positivos. El sistema se traslada hacia el NE y en su fase final descenden los negativos y aumentan los positivos a la vez que el VD comienza a perder la continuidad lógica anterior e incluso a tener presentar movimientos muy variables. Esto es lógico ya que en esta fase el sistema pierde la organización, aparecen tormentas aisladas que contribuyen de forma caótica al VD y rompiendo el desplazamiento previo del sistema.

La trayectoria del núcleo frío queda casi siempre entre el centro de descargas negativas y positivas pero mas próximo al primero que al segundo ya que éstas se suelen concentrar en las zonas más activas de la convección, por contra la zona estratiforme suele ser más "cálida" que la primera.

SCM2.

Debido a la larga duración y extensión del SCM2 se tuvo que analizar el VD en dos figuras separadas, Fig 4.7 a y b.



Debido al carácter estacionario de este sistema (tuvo una escasa movilidad en sus primeros momentos) podemos observar el apelmazamiento de datos que existe al SW de Ibiza. Posteriormente el sistema comienza a desplazarse hacia Formentera, Ibiza y Mallorca. Durante esta fase ya se ha desarrollado la zona estratiforme con el consiguiente distanciamiento de los centros de descarga. La trayectoria del mínimo de Tb nos muestra unas características parecidas al anterior caso: movimiento o desplazamiento sincronizado con el centro de descargas negativas, cercanía a los centros de carga negativas, etc.

Después de las 17:30z el VD marca un desplazamiento hacia el Norte de Mallorca y

comienza a abandonar la isla pero por contra la trayectoria de Tb-min se desvía del VD, deja de estar próxima a cualquier centro de cargas y se orienta hacia la isla de Menorca para volver de modo zigueante al Norte de Mallorca, a Menorca y de nuevo a las cercanías del VD.

Es lógico que existan estas diferencias ya que el VD trata de representar la estructura **media** eléctrica del SCM y no posee el **carácter puntual de la Tb-min** tomada por el satélite. Lo que ocurrió fue que una célula, situada en el flanco más oriental del SCM2, se desplazó de forma **anómala** respecto al del resto y fue promediada al calcular el VD del conjunto. Por contra esta célula alcanzó, en ciertos momentos, unas Tb menores que las demás, generando la estructura quebrada en la trayectoria del núcleo frío.

En las horas finales del día 8 aparece de nuevo la sincronización de ambos parámetros y el número de rayos negativos comienzan a decrecer, Fig 4.7.b, se distancian los centros de las descargas aumentando el módulo del VD y en las primeras horas del día 9 comienza a aparecer una estructura caótica: cambia de dirección y sentido, aumenta y disminuye el módulo y no existe correspondencia con la trayectoria del núcleo frío. Estamos en la fase de disipación.

4.2.3.- Combinación con datos de satélite y radar.

El sistema SAIDAS nos permite combinar datos de diferentes fuentes para su utilización subjetiva y objetiva. Pasaremos a describir brevemente sus potencialidades, especialmente con las imágenes de satélite al estar disponibles durante más tiempo. En el futuro se desarrollaran técnicas utilizando datos radar.

a. Distribución espacial de las descargas eléctricas NT en relación con las imágenes de satélite y radar: análisis subjetivo.

En las Fig 4.8 se han combinado datos de rayos con satélite y radar en diferentes períodos de su ciclo de vida, que iremos describiéndolas de forma concisa:

-Fig 4.8.a. *Satélite más rayos.* Se han contorneando las Tb,s de las 06z IR-Meteosat, inferiores a 240 °K, con datos de descargas en una ventana temporal de ± 10 minutos referidos a la imagen de satélite, en las fases iniciales de ambos sistemas. Como podemos ver la mayoría de las descargas son negativas y sólo dos positivas. Ambas se concentran en las zonas de los topes más fríos, y en el SCM2, frente a las costas valencianas, en la región de mayor gradiente en la Tb.

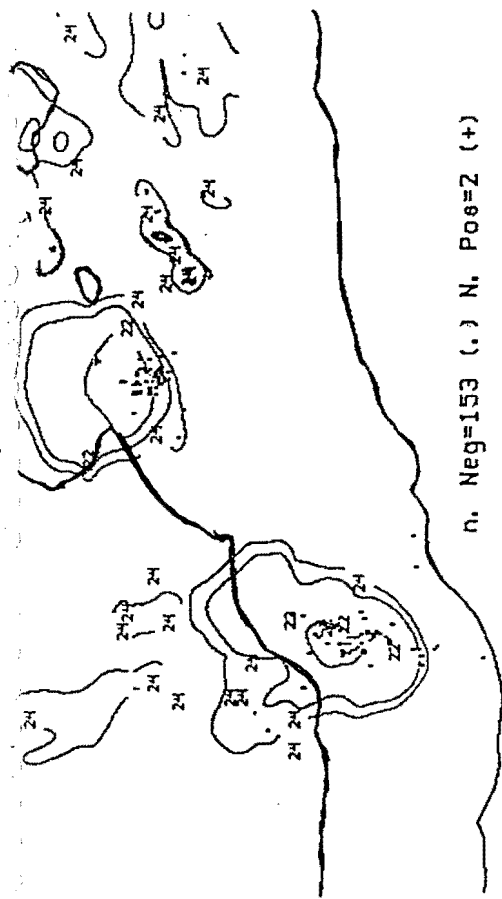
-Fig 4.8.b. *Radar más rayos.* El CAPPI-2.5 Km compuesto nacional de las 11:30z se ha utilizado para su combinación con descargas entre las 11:25z y las 11:35z. Solo se observa al SCM2, y la mayoría de las descargas se concentran en la zona convectiva (línea continua) de los datos radar en SAIDAS (se ha utilizado el nivel de brillo para el contorneo en vez de intensidad de precipitación). La zona estratiforme queda en la zona del Golfo de Valencia y son pocos los rayos que caen dentro de su cobertura. La imagen radar muestra un flanco arqueado muy activo que comienza a afectar a Ibiza y Formentera. Si se hubiese contorneando

arqueado muy activo que comienza a afectar a Ibiza y Formentera. Si se hubiese contorneando el número de descargas en dicha zona nos encontraríamos con muchas similitudes con las zonas de precipitación convectiva suministradas por el radar. Esta es una de las aplicaciones en las que se puede utilizar los datos de descargas, allí donde no hay dato disponible de radar.

La combinación de datos de rayos con imágenes radar compuesto resultan de gran utilidad ya que las posibles singularidades que pueden presentar la interpretación de datos de radar (zonas de apantallamiento, ecos de tierra, solapamiento de dos o más radares, ausencia de datos de radar, etc) pueden ser subsanadas, en parte, con la superposición de datos de descargas en una ventana temporal adecuada a la imagen radar de referencia (por ejemplo ± 10 minutos): zonas donde la convección es muy activa suele presentar máximas concentraciones de descargas negativas y algunas positivas, por contra en la zona estratiforme el número relativo de descargas positivas es mayor, y ambas se encuentran de forma más dispersa.

-Fig 4.8.c. *Satélite más descargas*. A las 19:20z el sistema afecta de lleno a las Islas Baleares con una zona estratiforme muy desarrollada y una zona convectiva, en línea, muy bien definida. El número de rayos negativos, superpuestos en una ventana de 20 minutos se ha elevado, así como el de positivos que se sitúan tanto en la zona convectiva y la estratiforme. La célula que se situó más al este se desprendió del sistema y afectó a Menorca mientras que el resto siguió en dirección hacia las costas catalanas.

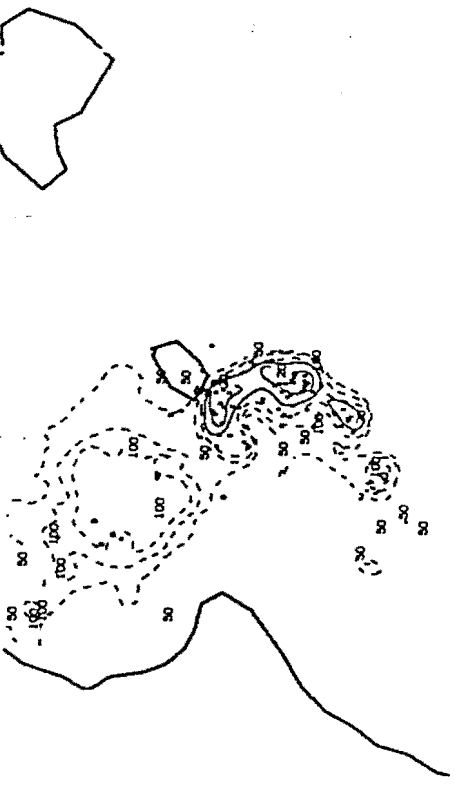
-Fig 4.8.d. *Satélite más descargas*. Es el mismo caso que el anterior aunque estamos en la fase de disipación. El número de negativos ha decaído y se mantiene el de positivos, aunque en proporción relativa han aumentado y se han situado en la zona estratiforme donde se aprecia una especie de gancho en su flanco más al sur.



n. Neg=153 (.) N. Pos=2 (+)

SCM, 8 8/OCT/92 6 Z Tb DES NEG, DES, POS
VENTANA TEMPORAL +-10 MIN (05:50 Z)

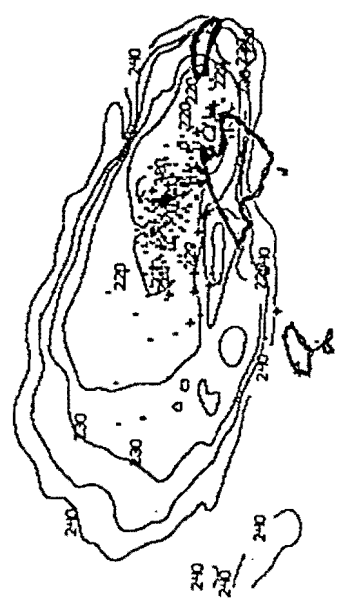
a)



SCM2
CAPPI-2.5 11:30 Z 8/OCT/92
RAYOS 11:25-11:30 11:30-11:35 -80 +13(NEGRO)

b)

N. neg=396 N. pos=17



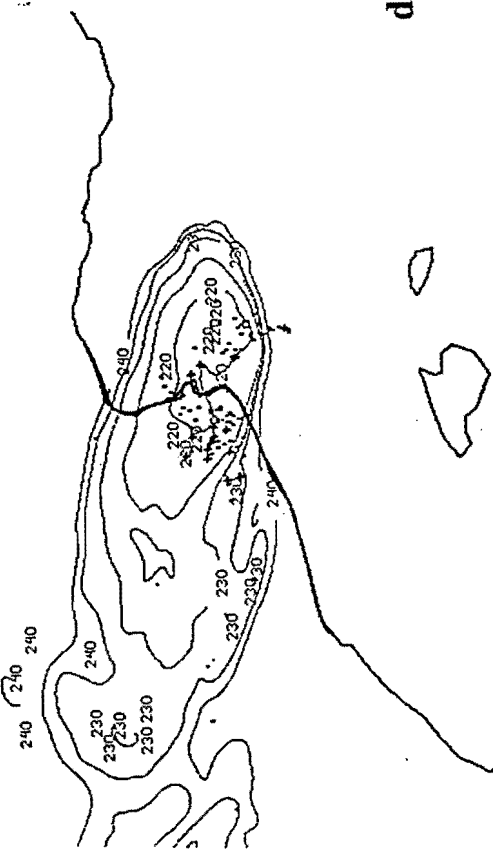
ENT: LAT: 45 37 LON: 1 -6 Tb DES NEG ., " POS "+
9:20 Z +- 10 MIN

SCM 8/OCT/92 19:30 Z

c)

N. Neg.=73 N. Pos.=15

SCM 9/OCT/92 02 Z Tb DES. N. DES. P.
VENTANA TEM. 01:50 +- 10 MIN.



d)

Fig 4.8 Combinación de datos de descargas con SAT y RAD en diferentes períodos de su ciclo de vida. Ver explicación en el texto.

b. Distribución temporal de las descargas eléctricas en relación con la cobertura y extensión de los topos fríos.

Ya que los SCM,s poseen un ciclo de vida que difícilmente caen dentro de la cobertura de un solo radar, se ha trabajado con los datos proporcionados por el Meteosat para el estudio de los sistemas, en especial del SCM2. Se han utilizado los datos que se generan en el tratamiento rutinario y específico que en el STAP se aplica a las imágenes IR asociada a los SCM, Fig 4.9.

Hay que destacar que la toma de datos por el sensor del satélite se realiza, en nuestras latitudes a H+20 y H+50 aproximadamente, y que los datos de agrupamiento de descargas, en la actualidad, están asignados a H+00 a los que se detectan en el intervalo de H+00 a H+30 y los de H+30 a los detectados entre H+30 y H+60 minutos.

En la figura de la izquierda, Fig 4.9a, se han combinado dichos datos con la evolución temporal de la Temperatura mínima de brillo, Tb-min. En el lado derecho tenemos las figuras que contabilizan el número de pixels cubierto por una las Tb,s, marcadas en el recuadro, con el número de descargas agrupadas en intervalos de 30 minutos para los rayos negativos, panel superior, y los positivos en el inferior.

Las primeras descargas coinciden con un descenso muy marcado en la temperatura mínima de brillo Tb.min, Fig 4.9.a en línea gruesa continua, que pasa de los 223 °K (-50 °C) a los 215 ° K (-58°C) en muy poco tiempo. Su descenso continuado es simultaneo con el aumento de la actividad eléctrica de los negativos y con algunos positivos.

Mientras que la Tb-min queda por debajo de 215 °K (-58 °C) permanece una actividad eléctrica notoria. A partir de las 21:30z, la Tb-min comienza a aumentar paulatinamente coincidiendo con un aumento relativo de las descargas positivas. A las 06:30z del día 9 la Tb-min comienza a ascender rápidamente y la actividad eléctrica tiende a desaparecer.

En las Fig 4.9 b y c podemos apreciar una relación más directa entre ambos tipos de datos. El aumento paulatino del número de descargas esta relacionado con un aumento posterior de la cobertura y extensión de las Tb,s aunque es sobre las 09:30z donde este hecho es más palpable pero con un cierto desfase, ya que son las descargas negativas las primeras y las positivas las que anteceden, como consecuencia de las fuertes corrientes ascendentes/descendentes causantes de los procesos de generación y separación de cargas que ocurren en estos momentos dentro de la nube. Posteriormente esto repercute en el crecimiento de la cobertura nubosa como consecuencia de la inyección y expansión de la nubosidad que se realiza en los topos del sistema. En los momentos de interacción y fusión se alcanzan unos máximos relativos en todas estas magnitudes.

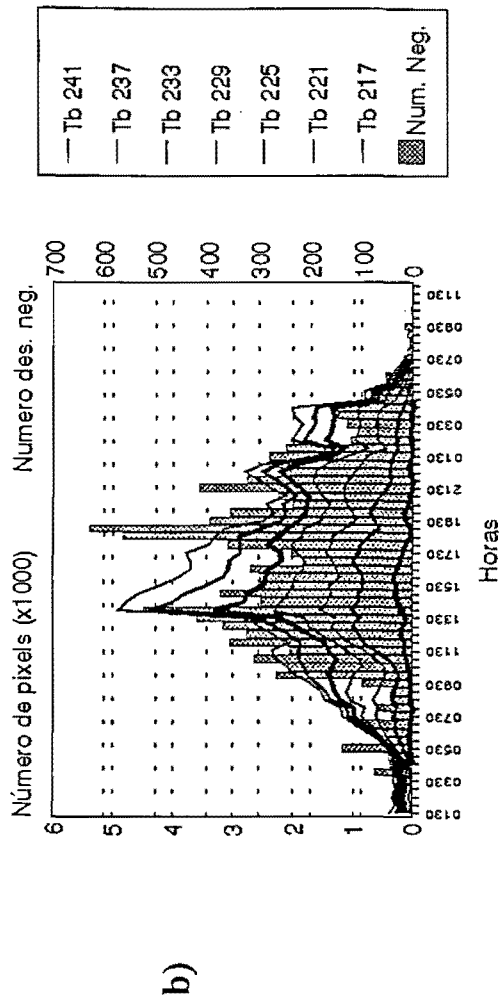
Después de las 14z las coberturas se van reduciendo paulatinamente al igual que el número de descargas. .

Un hecho llamativo es que las primeras tormentas presentan una escasa actividad eléctrica pero a partir de un momento determinado, posiblemente ligado a los procesos de organización interna del paso de un grupo de tormentas al propio SCM, **existe un aumento muy rápido**

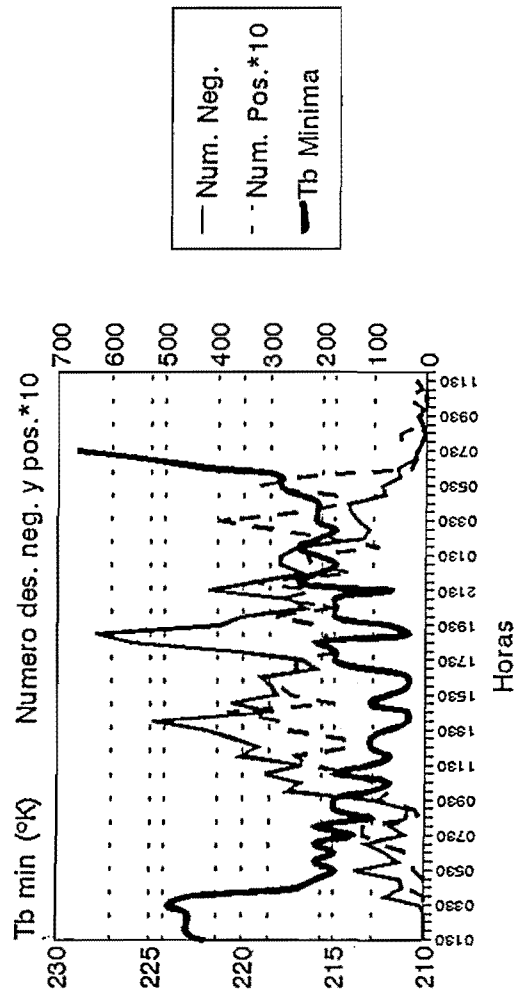
de las descargas negativas y coberturas nubosas frías, contrastando con la fase de disipación donde el descenso es menos acusado y suavizado. Después de llegar el sistema a su máxima extensión el número de descargas negativas comienza a presentar una distribución temporal de estructura dentada, con momentos donde la actividad decae fuertemente con otros instantes en los que existe una reactivación temporal del sistema.

Por contra las descargas positivas presentan otro tipo de comportamiento. Sus máximos parecen estar desfasados respecto a los de negativos y su número aumentan en proporción en la fase de disipación y son las últimas en desaparecer, incluso cuando el sistema ha perdido toda su entidad (una o dos horas después que las negativas casi han desaparecido).

Distribución N. pixels para cada Tb- Des. NT(-). SCM2 8-9/Oct/92



Tb Mínima-Num. Des. NT(- +). SCM2 8-9/Oct/92



a)

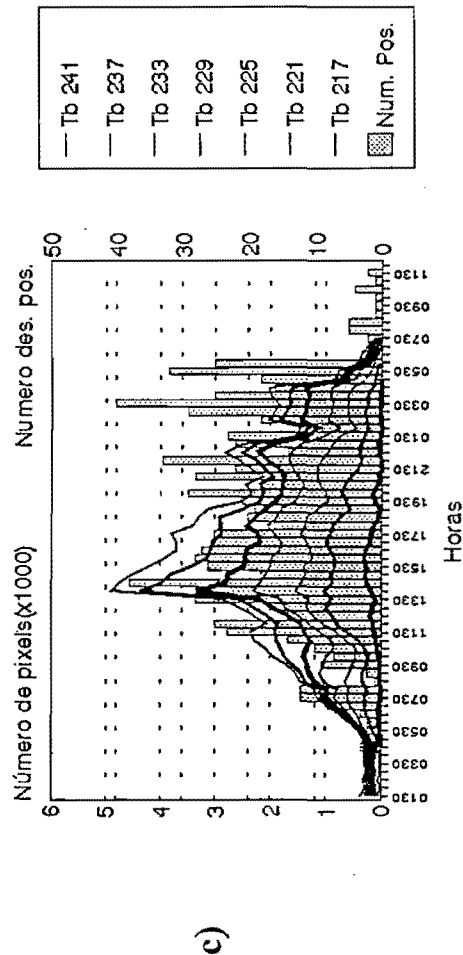


Fig 4.9 Distribución temporal de datos de satélite y descargas asociadas al SCM2. a) Tb-min y Rayos. b) Cobertura de diferentes Tb y rayos negativos. c) Idem pero con positivos.

INDICE

CAPÍTULO 5: DATOS DE PRECIPITACIÓN.

Datos de precipitación analizados por Valencia	5.1
Datos de precipitación analizados por Baleares	5.1
Datos de precipitación analizados por Cataluña	5.1
Distribución de la precipitación en las distintas zonas afectadas	5.2

5.- PRECIPITACION.

No es objetivo de este trabajo el estudio y análisis de la precipitación generada por estos elementos convectivos ni el estudiar otros fenómenos de carácter severo que se produjeron (tornado en el término municipal de Ciudadela, Menorca, a las 22:30 locales del 8/Oct/92). Tan sólo trasladaremos los análisis de precipitación realizados por los diferentes GPV,s o CMT afectados: Baleares, C. Valenciana y Cataluña (ver Nota Técnica Previmet-1992 nº 8 para mayor detalle) y apuntaremos algunas relaciones que se han detectado con los datos de la red de descargas, que deberán ser confirmados en estudios posteriores, donde se relacionan la densidad o número de rayos con áreas de precipitación.

En la Fig 5.1, tenemos los datos de precipitación analizados por Baleares, Fig 5.1.a, Valencia, Fig 5.1.b y Cataluña, Fig 5.1.c correspondiente al día 8 de Octubre (precipitación registradas desde las 07 del día 8 a las 07 del día 9 de Octubre). Si la comparamos con la Fig 4.4 a y b, donde están contorneados los rayos, negativos y positivos del SCM2, que cayeron dentro de retículas de $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$, podremos observar que las zonas más activa de convección (zonas de máximas concentraciones de negativos) está orientada desde el SW de Ibiza al S de Cataluña. Por contra la de positivos se encuentra desplazada más al norte y sobre todo en su fase final (áreas de Cataluña y SE francés).

En este reguero de máximos negativos se encuentran las zonas más afectadas por la precipitación: Formentera, SE de Ibiza, zonas de Mallorca y S de Cataluña.

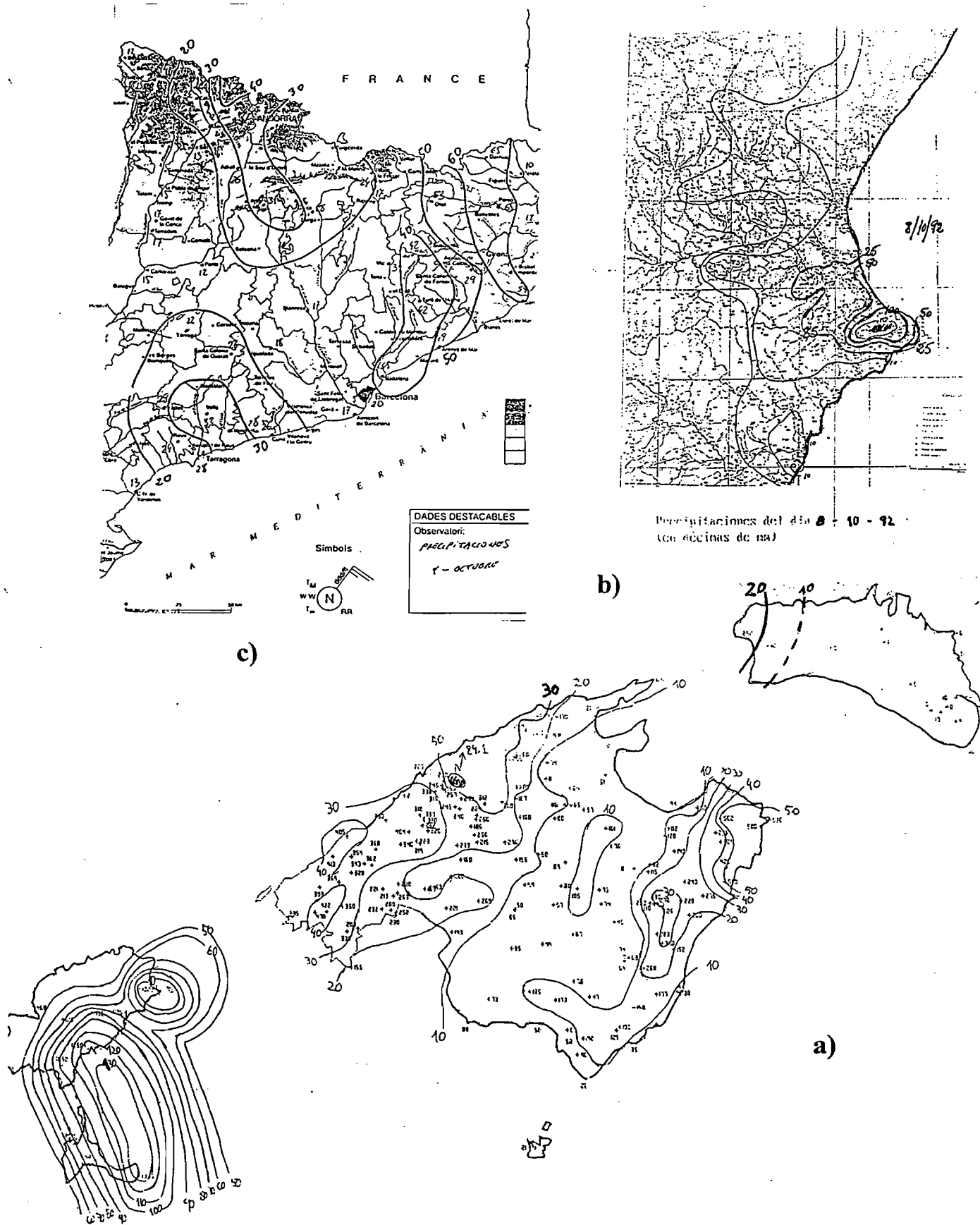
Existen dos máximos relativos de precipitación que no encuadrarían en el anterior esquema: La zona NE de Cataluña, con registros de hasta 60 mm y algunas zonas de Valencia con más de 100 mm.

El primero de ellos corresponde a una zona donde el SCM2 estaba en fase de disipación aunque con una zona estratiforme amplia y bien definida, con un máximo relativo de descargas positivas amén del realce orográfico que se pudo generar en la zona pirenaica.

El segundo máximo se encuentra en zonas de la provincia de Valencia y se pudo producir por núcleos convectivos que no pertenecieron a los SCM,s estudiados (parece que este fue el caso) y por tanto fueron eliminados del análisis de los rayos atribuidos a los SCM,s. Hay que señalar que se han detectado otro tipo de estructuras de nubes que no producen gran cantidad de rayos (e incluso ninguno) y que son muy eficientes en cuanto a precipitación.

Parece ser que la distribución del número de rayos negativos, asociados a los SCM,s, nos pueden dar una idea cualitativa de la distribución de las zonas de precipitación que no están bien iluminadas (zonas de ecos de tierra o áreas apantalladas por obstáculos) o alejadas de los radares. Este hecho deberá ser corroborado por estudios posteriores. Siguiendo en esta línea tenemos que las máximas precipitaciones se dieron en los momentos en que el sistema se encontraba en las cercanías de las Islas Pitiusas (Ibiza y Formentera), disminuyendo su eficiencia en horas posteriores al desplazarse hacia Mallorca y posteriormente a Cataluña. Llama atención la escasa precipitación registrada en la Isla de Menorca, contrastando con el efecto de severidad que tomó una de las células del SCM2 al desviarse del camino que llevó el resto del sistema.

Fig 5.1 Distribución de la precipitación en las distintas zonas afectadas según los informes de los GPV,s de: a) Baleares, b) Valencia y c) Cataluña.



INDICE

CAPÍTULO 6 : FOCALIZACIÓN.

A nivel sinóptico	6.1
La disipación de los SCM está ligada a	6.2
Las condiciones en superficie	6.2
Los datos de superficie	6.2
Datos de teledetección	6.2

6.- FOCALIZACIÓN.

La formación de los SCM,s requiere unas condiciones sinópticas y mesoescalares especiales que en alguno de los casos se están repitiendo con cierta regularidad y que en este caso se pueden resumir en:

A nivel sinóptico, las condiciones que lo favorecen son las siguientes:

- * Flujo de componente E en niveles bajos que gira al SW en niveles medios y altos.
- * Presencia (aunque no es necesario) de una baja en superficie en el norte de las costas de Africa que: canalice el flujo de componente E hacia nuestras costas, que regule y module las zonas de convergencias y/o frontera en niveles bajos.
- * Frontera en niveles bajos (THE o THW) orientada de SW a NE o de W-E
- * Forzamiento sinóptico:

@ Positivo en niveles bajos (Advección de T en 850 mb positiva o DivQ 850 mb negativa)

@ Débil, en niveles medios, bien positivo o negativo.

- * Inestabilidad potencial concentrada en capas bajas que puede afectar a grandes zonas y que puede estar inhibida en niveles superiores.

Los índices de inestabilidad clásicos, como el TT o K, no suelen dar valores muy elevados o llamativos en la zona de interés, e incluso la presencia de la perturbación principal (DANA o una Baja Fría) puede desviarnos la atención al concentrarse los valores más llamativos en el seno de su núcleo frío.

Los sondeos pueden presentar inversiones de temperatura, poco marcadas, y valores elevados de agua precipitable. La presencia de un flujo moderado en bajos niveles (o a veces un chorro) de componente E nos debe alertar de la presencia o formación de sistemas significativos.

- * Vientos en niveles medios cuasiparalelos y con débil cizalladura vertical. De esta forma los núcleos convectivos que se generen podrán mantenerse y moverse agrupados, existiendo mayor posibilidad de interacción entre ellos. Zonas de fuerte difluencia producirán entornos sinópticos con amplias zonas donde el forzamiento sea positivo y haga posible la existencia de desarrollos generalizados.

La intensidad de los vientos en niveles medios puede jugar un papel importante después de la formación:

@ Débiles: SCM cuasiestacionarios o de desplazamientos lentos: interacciones.

@ Fuertes: SCM móviles, a menos que la alimentación en niveles bajos los conviertan

en autoregenerativos o cuasiestacionarios.

La disipación de los SCM está ligada al aumento del forzamiento sinóptico en niveles medios y debilitamiento en niveles bajos, reducción del flujo alimentador en niveles bajos capaz de mantener a dicha estructura, amplias zonas de inestabilidad, etc.

Las condiciones en superficie y de ciertos elementos de la mesoescala son los fundamentales a la hora de focalizar la formación, desplazamiento y disipación de estos SCM, sobre todo en los procesos de formación, donde el papel del forzamiento sinóptico es el de no oponerse o el de no generar forzamientos amplios y extensos. Las zonas de convergencias y/o fronteras pueden ser los elementos claves; pero estas estructuras no están lo suficientemente bien tratadas o manejadas por los modelos numéricos operativos en la actualidad, no solo en los propios campos previstos sino en los mismos análisis de partida. Estructuras mesoescalares tan finas, no pueden ser detectadas con la precisión deseada, de forma que tan sólo podremos obtener una "traza" indicadora de que ciertos elementos se están o se han formado (baja a sotavento, frontera en niveles bajos, zonas de convergencia, etc). Aun así, estas señales son muy importantes y deben de ser **realizadas en los análisis manuales de superficie y de capas bajas (850 mb)**.

Los datos de superficie (synops/ships y metars) serían sobre los que nos deberíamos de apoyar para poder detectar estas estructuras mesoescalares, pero en la actualidad ni su densidad espacial y temporal son lo suficientemente adecuadas como para analizar, detectar y evaluar las verdaderas causas de la focalización y formación. De cualquier forma su utilidad, en el caso de los synops/ships, se ha puesto de manifiesto en la utilización de los campos de viento, **zonas de convergencia, caídas de presión**, etc obtenidos por el Procedimiento de Análisis a Mesoescala Interactivo en SAIDAS (PAMIS, García A.M. y Elizaga F., 1993). Su resolución espacial y temporal hacen que también nos debamos de apoyar en otro tipo de datos: los de teledetección.

Una buena cobertura espacial y temporal la ofrecen los **Datos de teledetección** (rayos, radar y satélite) por lo que su uso es fundamental a la hora de alertarnos de zonas donde se este desarrollando la convección. Una vez formadas, la combinación de datos de radar, descarga y satélite constituyen las herramientas fundamentales para analizar su estructura, organización, distribución espacial y temporal de la precipitación, evolución, etc.

La utilización intensiva de datos de teledetección y una diagnosis continua de la atmósfera son los elementos claves, que disponemos en la actualidad, para poder vigilar este tipo de estructuras de fuerte impacto social.

INDICE

CAPÍTULO 7 : CONCLUSIONES.

El entorno sinóptico inicial	7.1
Análisis de datos de superficie	7.1
Cambios temporales y espaciales de los sondeos	7.1
Cortes verticales	7.1
Elementos claves	7.1
Las estructuras nubosas observadas en las imágenes de satélite	7.2
Análisis subjetivo y objetivo las imágenes de satélite y radar	7.2
Datos de rayos	7.3
Una fase Pre-inicial	7.3
Fase Inicial de SCM	7.3
Fase de Madurez	7.3
Fase de disipación del SCM	7.3
Fase Final	7.3

7.- CONCLUSIONES.

En este trabajo se han analizado dos SCM,s que se generaron el 8 de Octubre de 1992 en el área mediterránea y que afectaron de forma diferente a las Comunidades de Baleares, Valencina y Cataluña.

El entorno sinóptico inicial cumple las condiciones que se han detectado en otras situaciones similares en las que se han formado SCM: débil forzamiento sinóptico en niveles medios y altos, advección cálida en 850 mb, flujo con componente ESTE en superficie, inestabilidad convectiva concentrada en niveles bajos, presencia de algún tipo de frontera en 850 mb, perturbación mesoescalar en niveles bajos (baja a sotavento del Atlas, flujo canalizado y orientado hacia las costas mediterráneas, etc), elevado contenido de agua precipitable,etc. Dichos escenarios generales pueden ser **parcialmente reproducidos** por los modelos numéricos actuales y les son familiares a los predictores (Nota Técnica Previmet-92), no así las estructuras mesoescales que focalizan la formación y evolución de dichos sistemas en determinadas zonas.

Las estructuras nubosas observadas en las imágenes de satélite, horas antes de la formación de uno de ellos, confirman otro hecho observado en anteriores ocasiones: la presencia de una vaguada de latitudes más bajas, o de origen subtropical, que es captada por la perturbación principal del Golfo de Cádiz y resituada en su flanco más oriental. Al encontrarse sobre este sector, la vaguada móvil puede generar una estructura nubosa que recuerda a una de tipo frontal: "frente frío-cálido" y, a veces, con su propia oclusión. Cuando esta perturbación llega a la zona mediterránea, se ha observado el desarrollo de convección en las zonas próximas : al punto triple y/o oclusión. Estas estructuras secundarias se pueden detectar en las imágenes de WV y pueden reflejarse en las salidas numéricas como vaguadas dinámicas en 300 mb y térmicas en 500 mb. Si no son captadas por el modelo, el predictor deberá de tenerlas en cuenta en su esquema mental de evolución de la atmósfera y evaluar sus efectos cuando estén penetrando por las zonas de interés.

Se han realizado diferentes **análisis de datos de superficie**, tanto subjetivos como objetivos, utilizando la nueva herramienta desarrollada en el STAP (PAMIS) sobre análisis objetivo mesoescalar, resultando ser de gran utilidad. Habría que **destacar los resultados que, para este caso, se han obtenido no sólo para el análisis de presión y vientos sino los realizados sobre la obtención objetiva de las zonas de convergencia en niveles bajos y la tendencia de presión**. La relación existente entre estos sistemas y las zonas de convergencia-caídas de presión, en todas sus fases, es notoria y aquí se pone de manifiesto de forma objetiva. Este hecho nos hace pensar en la potencialidad de esta herramienta en labores operativas y de investigación, siempre y cuando las resoluciones espacial y temporal de los datos sean las adecuadas al fenómeno a estudiar.

Se han analizado los **Cambios temporales y espaciales de los sondeos** de la zona de interés y se han realizado cortes verticales en direcciones determinadas, comparándolos con los mismos cortes realizados mediante modelos numéricos. Hay que resaltar las discrepancias y la problemática del uso de los **Cortes verticales** en relación con las estructuras térmicas y discontinuidades que estamos buscando (posición, intensidad, estructura vertical, etc) :

a)Respecto a los sondeos, la baja resolución de los datos de sondeos

b) Respecto al modelo, la posible influencia que ejerce el "first guess" utilizado para su inicialización.

El método de Bellamy (con todas sus limitaciones) no hace más que confirmarnos los conceptos que ya se tenían en mente. Apuntemos estos resultados, que son aplicables a este caso:

-La zona donde se desarrollan los futuros SCM,s presenta un máximo de vorticidad ciclónica en torno a los 850 mb (asociada la perturbación mesoescalar del norte del Atlas) y además no existen movimientos ascendentes generalizados. Este hecho concuerda con los entornos sinópticos débiles que no favorecen los movimientos verticales generalizados, que darían lugar a fenómenos más amplios, generalizados y sin tanta organización.

El resto de las zonas poseen vorticidad anticiclónica en capas bajas.

-Cuando la triangulación se realiza sobre la zona que abarca parte del área estratiforme del SCM2, la vorticidad ciclónica parece afectar a toda la troposfera, con un máximo de ascensos en niveles medios (a 450 mb), un máximo de convergencia por debajo de él y otro de divergencia en niveles superiores.

De cualquier forma el uso operativo de este método no está muy claro pues su efectividad depende del tamaño y del tipo de área triangulada, densidad de radiosondeos, de la cobertura del fenómeno a estudiar en relación con el área total triangulada, etc.

Como elementos importantes, y relacionados con la convección, hay que destacar y reiterar: la presencia en niveles bajos de un flujo moderado del ESTE, próximo a los 850 mb y que incluso llegó a tener las características de chorro en bajos niveles, elevada cantidad de agua precipitable y la existencia de inestabilidad convectiva en capas bajas. Por contra, los índices clásicos de inestabilidad (TT,K) alcanzaron tan solo valores débiles o moderados y no suelen ser los mejores indicadores de la posible generación de la convección en estas zonas y época del año. Los niveles de condensación tienden a estar bajos por la presencia de una capa relativamente húmeda en dicho estrato.

Se han realizado el **análisis subjetivo y objetivo de las imágenes de satélite**, destacando ciertos elementos importantes que caracterizan a los SCM: hendiduras, ganchos apéndices, organización, interacciones, etc., así como otros, de tipo objetivo con las imágenes de satélite, referidos a evolución de sus topos fríos, trayectorias, etc.

Cuando se aplican los mismos métodos a las imágenes combinadas radar nacional los resultados que se obtienen son parciales: se remarca la importancia en su utilización subjetiva en las **labores de vigilancia**: identificación de los núcleos más activos, organización interna, movimientos, desplazamientos anómalos, evolución de la zona estratiforme, etc.; pero también se hace hincapié en algunas singularidades que se observan en las zonas de cobertura compartida por dos o más radares (falta de continuidad espacial en las estructuras precipitantes) debido a: las tácticas de exploración, método de combinación, umbrales diferentes de trabajo, posibles diferencias por la calibración propia de cada radar, etc. y su repercusión a la hora de interpretar los productos nacionales.

Se han indicado las dificultades en la utilización objetiva de los datos, lo que nos ha impedido obtener resultados definitivos, y se han propuesto futuras vías para abordar estos problemas.

Por último, se apuntan las nuevas potencialidades de la utilización de **Datos de rayos** tanto en su uso operativo en tiempo real como para tratar de caracterizar los ciclos de vida de ambos sistemas, sobre todo cuando se usa de forma combinada con otros productos de teledetección. De esta forma, se confirma que los SCM,s, son sistemas generadores de gran cantidad de rayos. Nuestra red ofrece la posibilidad de llegar a discriminar estructuras eléctricas diferenciadas embebidas dentro del SCM, de forma que puede ser un dato complementario a los datos radar: allí donde éstos no lleguen, puedan ofrecer una mala cobertura o incluso donde puedan ofrecer dudas en su interpretación. Hay que tener en cuenta que son datos que se ingestan en el SAIDAS casi en tiempo real, a diferencia de otros datos de teledetección, por lo que su uso debe ser potenciado con fines de vigilancia atmosférica.

En estas primeras experiencias, sus ciclos de vida eléctrico parecen estar caracterizados por:

- Una fase Pre-inicial. Existen estructuras tormentosas aisladas que generan un número reducido de descargas NT de tipo negativo, en general, pero muy próximas entre sí.

- Fase Inicial de SCM. Aumento súbito de las descargas negativas en un período de tiempo muy reducido como consecuencia de las fuertes corrientes ascendentes que se organizan al interaccionar los diferentes elementos convectivos. Los procesos de separación y generación de cargas parecen ser muy eficientes. Aparecen algunas descargas positivas concentradas en la zona convectiva.

- Fase de Madurez. Comienza a desarrollarse una amplia zona estratiforme, según las imágenes de satélite. La actividad eléctrica de las descargas negativas experimenta unas variaciones pulsantes muy marcadas, apareciendo períodos de escasa actividad junto con otros picos de máxima intensidad, aunque con una tendencia levemente descendente. Los rayos negativos siguen agrupándose en las zonas más activas de la convección, llegándose a observar y a separar la organización espacial de las descargas en estructuras en línea, celular, etc. En la zona estratiforme se generan tanto negativos como positivos, aunque en proporción estos últimos han aumentado como consecuencia, principalmente, de la inyección de carga positiva que se realiza desde la zona convectiva y es advectada hacia la estratiforme.

- Fase de disipación del SCM. La caída del número de rayos negativos es continua sin ofrecer las grandes variaciones que experimentaba con anterioridad. Los positivos siguen aumentando, en proporción, y se siguen localizando en la región estratiforme.

- Fase Final. En esta fase el sistema pierde toda su organización. En particular el SCM2 evolucionó hacia tormentas aisladas de escasa actividad hasta que al final llegaron a desaparecer por completo.

Aunque este ciclo de vida es equivalente al modelo conceptual clásico, pueden existir una cierta variabilidad de un sistema a otro, como se ha comprobado durante la campaña Previmet-93, donde se han detectado otros ciclos de comportamiento. Estas diferencias pueden surgir por varios motivos:

-Sólo estamos analizando una faceta de la actividad eléctrica de los sistemas tormentosos: las descargas de Nube a Tierra, NT; pero existe otra, a veces la más importante, constituida por las descargas de Nube a Nube, NN, que nuestro sistema no es capaz de detectar.

-El ciclo de vida va a depender de la eficiencia de detección de la red y de la posición del fenómeno a estudiar, de forma que SCM,s que se alejen del entorno Peninsular-Balear pueden dar falsos ciclos de vida como consecuencia de la caída en la efectividad de detección.

-Las características eléctricas de los fenómenos convectivos están íntimamente ligadas a la estructura y organización interna de la convección: corrientes ascendentes y descendentes, presencia o no de partículas sólidas, procesos de generación y separación de cargas, etc. por lo que no es de extrañar que podamos observar desde estructuras nubosas que puedan generar gran cantidad de rayos y poca precipitación en superficie hasta otras donde existan pocos rayos y sean muy eficientes en cuanto a precipitación.

Estos y otros factores pueden introducir cierta variabilidad en los ciclos de vida eléctrico de los SCM,s en nuestras latitudes. De cualquier forma, se deberá de seguir estudiando para su análisis futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BELLAMY J.C., (1949). *Objective Calculations of Divergence, Vertical Velocity and Vorticity*. Bulletin American Meteorological Society. Vo. 30 No. 2, Febrero 1949, pp 45-49.
- BLUESTEIN, H.B. Y PARKER, S.S. (1992). *Modes of Isolated, Severe Convective Storm Formation along the Dryline*. Monthly Weather Review. Vol.121, pp. 1354-1372.
- BLUESTEIN, H.B. (1993). *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes*. Volume I y II. Oxford University Press, New York-Oxford.
- CANALEJO M., CARRETERO O. y RIOSALIDO R. (1993). *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-90*. Nota Técnica S.T.A.P. Nº 9. I.N.M. Madrid.
- CARRETERO O., CANALEJO M. y RIOSALIDO R. (1992). *Características de los Sistemas Convectivos durante la Campaña Previmet Mediterráneo-90*. III Simposio Nacional de Predictores. INM .Madrid (en imprenta).
- CARRETERO O., CANALEJO M. y RIOSALIDO R. (1993). *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-91*. Nota Técnica S.T.A.P. Nº 12. I.N.M. Madrid.
- CARRETERO O., CANALEJO M. y RIOSALIDO R. (1994). *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-92* (en imprenta). I.N.M. Madrid.
- CHENG, C.-P. y HOUZE, R.A., Jr. *The Distribution of Convective and Mesoscale Precipitation in GATE Radar Echo Patterns*. Monthly Weather Review. Vol. 107, pp. 1370-1381.
- FRITSCH, J. M. y MADDOX, R. A. (1981). *Convectively driven Mesoscale Weather Systems Aloft. Part I: Observations*. Journal of Applied Meteorology. Vol.20.
- FUJITA, T.T. *Manual of Downburst Identification for Project Nimrod*. Satellite and Mesometeorology Research Paper No. 156, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago, 104 pp.
- ELIZAGA F y GARCIA A. (1992). *Obtención de Secciones verticales en SAIDAS: Aplicaciones a la diagnosis y predicción*. Nota Técnica del S.T.A.P. nº 8. Publicación del INM.Madrid.
- GARCIA A. y ELIZAGA F. (1993) *Procedimiento de Análisis a Mesoscala interactivo en SAIDAS*. Parte I y II. Nota Técnica del S.T.A.P. nº 11. Publicación del INM.Madrid.
- GOODMAN S. J. et al, 1986: *Cloud to Ground lightning activity in Mesoscale Convective Complexes*. Monthly Weather Review., Vol 114, 2320-2328.
- GOODMAN S. J. et al, 1988: *Convective tendency images derived from a combination of lightning and satellite data*. Weather and Forecasting, Vol 3, No.3, 173-188.
- McANALLY, R.L. y COTTON, W.R. *Early Growth of Mesoscale Convective Complexes: A Meso- β -Scale Cycle of Convective Precipitation?*. Monthly Weather Review. Vol. 120, pp. 1851-1877.
- MADDOX, R. A. (1980). *Mesoscale Convective Complexes*. Bull. Amer. Met. Soc. Vol. 69 pp. 1374-1378.
- MARTIN F., DE ESTEBAN L. y RIOSALIDO R. (1992) *Observación de un Vortice generado por un Sistema Convectivo de Mesoescala en el interior peninsular*. III Simposio Nacional de Predictores. INM .Madrid (en imprenta).
- MARTIN F. y DE ESTEBAN L. *Manual de Interpretación de Imágenes Radar*. (En elaboración).

- NOTA TECNICA PREVIMET N° 8, 1992. Situaciones Meteorológicas significativas durante la Campaña Previmet Mediterráneo-92. Informes de GPV,s de Valencia , Baleares y Barcelona. Publicación interna del I.N.M.
- O'BRIEN J.J.,(1970) *Alternative Solutions to Classical Vertical Velocity Problem*. Journal of Applied Meteorolgy. Vol 9,No. 2 Abril 1970. Pp 197-203.
- RIVERA, A. y RIOSALIDO, R. (1986). *Mediterranean Convective Systems as viewed by Meteosat. A case study*. Proceedings of the VI Meteosat User's Meeting. Amsterdam.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A. y MARTIN, F. (1988). *Desarrollo de un Sistema Convectivo de Mesoescala durante la Campaña Previmet Mediterráneo 87*. I Simposio Nacional de Predictores. INM Madrid.
- RIOSALIDO, R. (1990). *Caracterización mediante imágenes de satélite de los Sistemas Convectivos de Mesoescala durante la Campaña Previmet Mediterráneo-89*. II Simposio Nacional de Predicción del I.N.M., Madrid pp. 135-148.
- RIOSALIDO, R. (1991). *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-89*. Nota Técnica S.T.A.P. N°1. I.N.M. Madrid.
- RUTLEDGE S., CHUNGU LU y McGORMAN D. (1990). *Positive Cloud-to-Ground Ligthning in Mesoscale Convective Systems*. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol 47,No.17 pp. 2085-2100.
- ST: Red de detección de rayos del INM, Servicio de Teledetección, 1992. *La Meteorología en el Mundo Iberoamericano*. N° 10 Oct-Dic 1992, pp. 23-27. Publicación del Instituto Nacional de Meteorología, INM.
- ST: Curso Básico de Radares Meteorológicos: Sistema Centro Regional. Rev. 2.0 Julio de 1989, Servicio de Teledetección. Publicación interna del INM.
- ZIPSER, E. J. (1981). *Utilización de un modelo teórico de ciclo de vida de los Sistemas Convectivos de Mesoescala para mejorar las predicciones a muy corto plazo*. Predicción Inmediata (Versión española de Nowcasting). Madrid, 1990.